



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

## ENERGETICKÝ POSUDEK SOLÁRNÍ SOUSTAVY

ENERGY ASSESSMENT OF SOLAR SYSTEM

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Eva Šmardová

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. PETR HORÁK, Ph.D.

BRNO 2018



Místo této stránky bude přední strana zadání diplomové práce.

Místo této stránky bude zadní strana zadání diplomové práce.

## **ABSTRAKT**

V teoretické části diplomové práce jsou popsány způsoby měření parametrů solárního fototermického kolektoru a systému. Výpočtová část se zabývá analýzou spotřeby tepla na zadané budově a návrhem solárního systému pro ohřev teplé vody. V poslední části je zpracován energetický posudek na navrženou solární soustavu a vyhodnocení experimentální části solárního systému na Fakultě stavební VUT v Brně.

## **PREFACE**

The first part of diploma thesis describes how to measure the parameters of solar thermal collector and solar thermal system. The computational part analyzes heat consumption in the evaluated building and describes design of the solar thermal system for domestic hot water. Last part focuses on the energy assessment of the designed solar system above and evaluation of the solar system, which is located at the Faculty of Civil Engineering in BUT.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Spotřeba teplé vody, solární soustava, solární kolektor, energetický posudek.

## **KEY WORDS**

Heat consumption, solar thermal system, solar collector, energy assessment.

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

Bc. Eva Šmardová *Energetický posudek solární soustavy*. Brno, 2018. 93 s., 140 s. příl.  
Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických  
zařízení budov. Vedoucí práce doc. Ing. Petr Horák, Ph.D.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 12. 1. 2018

---

Bc. Eva Šmardová

autor práce

# PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané diplomové práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 12. 1. 2018

---

Bc. Eva Šmardová  
autor práce



## PODĚKOVÁNÍ:

Děkuji svému vedoucímu práce doc. Ing. Petru Horákovi, Ph.D. za jeho cenné rady.

Děkuji svým rodičům, že jsem se dostala až sem.

# OBSAH

ÚVOD .....	- 4 -
A TEORETICKÁ ČÁST .....	- 5 -
A.1 Úvod .....	- 5 -
A.2 Standartní zkoušení solárních kolektorů.....	- 5 -
A.2.1 Venkovní zkoušení účinnosti za ustáleného stavu .....	- 7 -
A.2.2 Zkouška časové konstanty kolektoru .....	- 8 -
A.2.3 Zkouška modifikátoru úhlu dopadu .....	- 10 -
A.2.4 Ostatní zkoušky solárních kolektorů uváděné normou .....	- 11 -
A.3 Standartní zkoušení solárních systému.....	- 12 -
A.4 Provozní měření solárních systémů .....	- 12 -
A.5 Shrnutí .....	- 14 -
B VÝPOČTOVÁ ČÁST .....	- 16 -
B.1 Popis objektu .....	- 16 -
B.2 Analýza objektu pro ohřev TV .....	- 16 -
B.3 Měsíční potřeba teplé vody.....	- 17 -
B.3.1 Měsíční potřeba tepla na přípravu teplé vody .....	- 18 -
B.4 Návrh solárních kolektorů .....	- 20 -
B.4.1 Výběr solárních kolektorů.....	- 20 -
B.4.2 Popis solárních kolektorů .....	- 20 -
B.4.3 Vlastnosti solárních kolektorů.....	- 23 -
B.5 Stanovení využitelných tepelných zisků solární soustavy.....	- 24 -
B.6 Stanovení využitelných zisků solární soustavy, pokrývajících potřebu tepla v dané aplikaci .....	- 29 -
B.7 Návrh umístění solárních kolektorů na objekt.....	- 30 -
B.8 Montáž solárních kolektorů .....	- 30 -
B.9 Návrh solárního zásobníku teplé vody .....	- 32 -
B.10 Návrh solárních rozvodů .....	- 34 -
B.11 Návrh solární kapaliny.....	- 35 -

B.12	Návrh solární čerpadlové stanice .....	- 35 -
B.13	Návrh expanzní nádoby .....	- 36 -
B.14	Instalace automatických odvzdušňovacích ventilů .....	- 38 -
B.15	Měření a regulace .....	- 39 -
B.16	Zprovoznění solární soustavy .....	- 40 -
B.16.1	Naplnění solární soustavy .....	- 41 -
B.16.2	Odvzdušnění solární soustavy .....	- 42 -
B.17	Schéma solárního systému pro ohřev TUV .....	- 43 -
B.18	Náklady na dodávku solárního systému .....	- 43 -
C	Energetický posudek, experimentální část .....	- 45 -
C.1	Energetický posudek .....	- 45 -
C.1.1	Účel zpracování energetického posudku .....	- 47 -
C.1.2	Identifikační údaje .....	- 47 -
C.1.3	Popis stávajícího stavu předmětu energetického posudku .....	- 48 -
C.1.4	Vyhodnocení stávajícího stavu předmětu energetického posudku .....	- 56 -
C.1.5	Doporučení energetického specialisty oprávněného zpracovávat energetický posudek .....	- 58 -
C.1.6	Management hospodaření s energií .....	- 63 -
C.1.7	Ekonomické vyhodnocení .....	- 64 -
C.1.8	Ekologické vyhodnocení .....	- 67 -
C.1.9	Splnění podmínek programu pro oblast C.3.1 .....	- 70 -
C.1.10	Závěrečné stanovisko .....	- 71 -
C.1.11	Evidenční list energetického posudku .....	- 73 -
C.1.12	Kopie dokladu o vydání oprávnění podle § 10b zákona nebo kopii oprávnění osoby pro vykonávání této činnosti podle právního předpisu jiného členského státu Evropské unie .....	- 77 -
C.2	Experimentální část - vyhodnocení solární soustavy .....	- 78 -
C.2.1	Technický popis soustavy .....	- 78 -
C.2.2	Kolektorové pole .....	- 78 -
C.2.3	Solární bojler .....	- 78 -
C.2.4	Ostatní technologické prvky .....	- 78 -
C.2.5	Regulace a měření .....	- 78 -

C.2.6	Popis měření .....	- 79 -
C.2.7	Vyhodnocení měření .....	- 80 -
C.2.8	Závěr měření .....	- 83 -
ZÁVĚR.....		- 84 -
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....		- 85 -
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....		- 88 -
SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK.....		- 89 -
PŘÍLOHY .....		- 92 -



## ÚVOD

Tato diplomová práce je rozdělena do tří částí.

V první teoretické části se práce zabývá způsoby hodnocení solárních termických kolektorů a solárního systému.

Druhá část je věnována vlastnímu návrhu solární soustavy pro přípravu teplé vody v bytovém domě o čtyřech bytových jednotkách. Návrh je proveden v souladu s platnými předpisy.

Ve třetí části práce je zpracován energetický posudek podle vyhlášky č. 480/2012 S. na výše navrženou solární soustavu. V poslední části je také provedeno vyhodnocení experimentálního měření na solární soustavě na Fakultě stavební VUT v Brně.

## A TEORETICKÁ ČÁST

### A.1 Úvod

Experimentální měření, ať už laboratorní či provozní, je jedním ze způsobů hodnocení účinnosti solárních soustav. Experimentálním měřením lze docílit skutečného pohledu na funkčnost posuzovaného kolektoru či celého solárního systému. Lze tak zjistit například skutečnou účinnost systému nebo jeho tepelný zisk s jistou přesností závislou na metodice měření, na způsobu zpracování naměřených dat a na přesnosti použitých čidel.

Měření systému je možné provádět jako laboratorní za jasně definovaných okrajových podmínek nebo jako provozní měření, která probíhá většinou na celém systému během určitého období.



Obrázek A.1 - Venkovní část solárního okruhu (1)

Pro komplexní popis chování solárního kolektoru je nezbytné znát tři parametry popsané níže.

Jsou to tepelná účinnost, která určuje, jak kolektor pohlcuje záření a ztrácí teplo, dále časová konstanta, která určuje vliv tepelné kapacity kolektoru a v poslední řadě modifikátor úhlu dopadu, který definuje úhel dopadu slunečního záření.

### A.2 Standartní zkoušení solárních kolektorů

Základní metodou zkoušení solárních kolektorů je vystavení provozovaného kolektoru účinkům slunečního záření a měření vstupní teploty  $T_{in}$  a výstupní teploty  $T_{out}$  teplotonosné látky spolu s měřením jejího hmotnostního průtoku. Dále jsou

měřeny: solární ozáření  $G$  v rovině kolektoru, venkovní teplota  $T_{\text{ext}}$  a rychlost vzduchu  $u$  v okolí kolektoru. Základními obecnými podmínkami, které je nutné při testu dodržet, je měření za ustáleného stavu, za jasného počasí (přímé sluneční záření) při přibližně kolmém dopadu paprsků na kolektor (index  $n$ ) a do kolektoru by měla vstupovat teplotonosná látka o konstantní teplotě. Tepelný zisk kolektoru je na základě naměřených hodnot dán vztahem:

$$Q_u = m \cdot c_f \cdot (T_{\text{out}} - T_{\text{in}}) \quad (1)$$

kde

$m$ .....Hmotnostní průtok [kg/s]

$c_f$ .....Měrná tepelná kapacita [J/kg·K]

Účinnost je definována jako poměr mezi energií získanou (tepelný zisk) a energií dodanou (dopadající sluneční záření):

$$\eta = \frac{Q_u}{A_c \cdot G} \quad (2)$$

kde

$Q_u$ .....Je zisk kolektoru [kW]

$A_c$ .....Je plocha kolektoru [m<sup>2</sup>]

$G$  .....Je solární ozáření [W/m<sup>2</sup>]

Zkoušení solárních kolektorů je možné provádět ve venkovním a vnitřním prostředí.

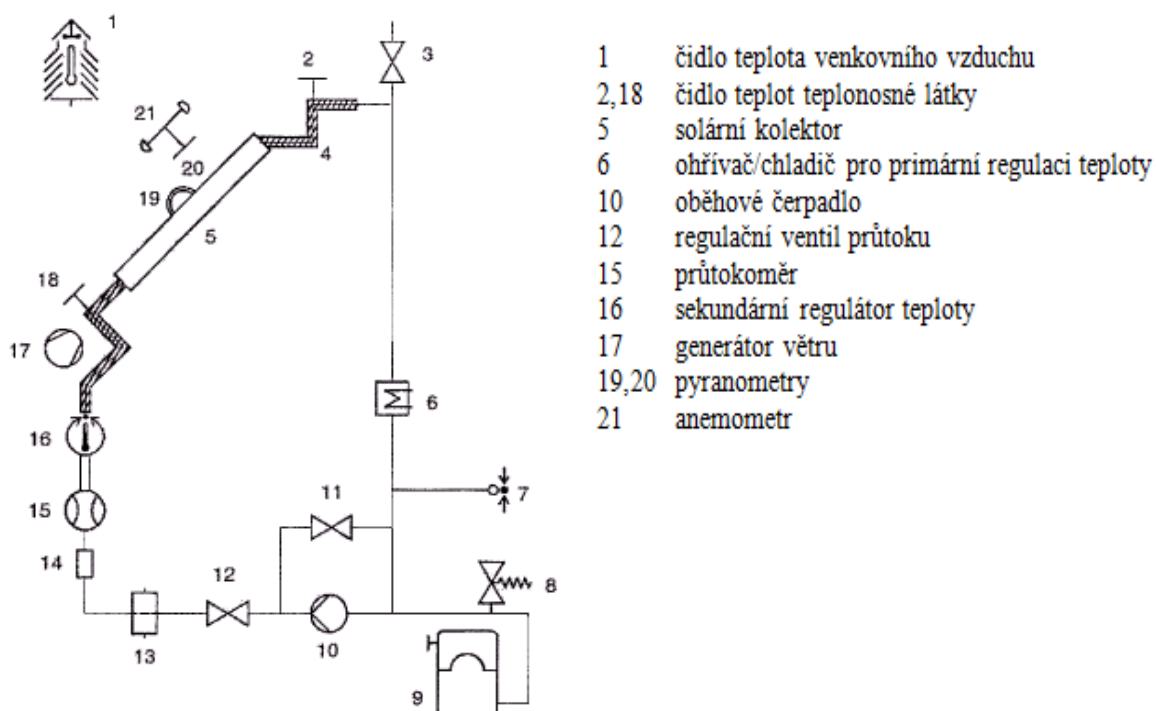
Zkušební metody a výpočtové postupy pro určení ustáleného nebo kvazi-ustáleného tepelného výkonu solárních kapalinových tepelných kolektorů poskytuje norma ČSN EN 12975-2:2001. Jsou to metody pro provádění zkoušek ve venkovním prostředí při přirozeném slunečním záření a přirozeném či simulovaném větru a pro provádění zkoušek ve vnitřním prostředí při simulovaném záření a větru. Dále norma poskytuje zkušební metody a výpočtové postupy pro určení jak ustálených, tak celodenních výkonových parametrů pro solární kolektory za proměnlivých podmínek počasí. (2)

Normu nelze použít pro kolektory s vestavěným zásobníkem a na koncentrační kolektory. Pro zkoušení kolektorů zhotovovaných na zakázku, jedná se například o vestavby do střechy, je nutné použít zkušební moduly stejné konstrukce.



### A.2.1 Venkovní zkoušení účinnosti za ustáleného stavu

Norma stanovuje řadu požadavků na montáž a umístění kolektorů ve venkovním prostředí, z nichž zásadními jsou orientace kolektoru na jih, pokud není použito zařízení pro natáčení kolektoru za sluncem, a úhel sklonu  $45^\circ \pm 5^\circ$ . Kolektor nesmí být tepelně ovlivňován dalšími zdroji tepla a záření. Schéma zkušebního zařízení s uzavřeným okruhem je uvedeno na obrázku A.2.



Obrázek A.1 - Zkušební okruh pro testování solárních kolektorů (2)

Zkušební podmínky, tj. rozmezí hodnot měřených veličin a jejich dovolená odchylka od střední hodnoty během měření, aby byla zajištěna podmínka ustáleného měření, jsou uvedeny v tabulce A.1. (2)

Tablka A.1 - Zkušební podmínky pro měřené veličiny (2)

Parametr	Rozmezí hodnot	Dovolená odchylka
Globální solární ozáření	$> 700 \text{ W/m}^2$	$\pm 50 \text{ W/m}^2$
Teplota okolního vzduchu	nedefinováno	$\pm 1 \text{ K}$
Hmotnostní průtok teplosnosné látky	cca $0.02 \text{ kg/s.m}^2$	$\pm 1 \%$
Teplota teplosnosné látky na vstupu do kolektoru	$< 80 \text{ }^\circ\text{C}$	$\pm 0.1 \text{ K}$

Okamžitá účinnost je potom znázorněna graficky jako funkce redukovaného teplotního rozdílu vztahem:

$$T_m^* = \frac{(T_m - T_a)}{G} \quad (3)$$

kde střední teplota teplotnosné látky je:

$$T_m = \frac{(T_{in} - T_{out})}{2} \quad (4)$$

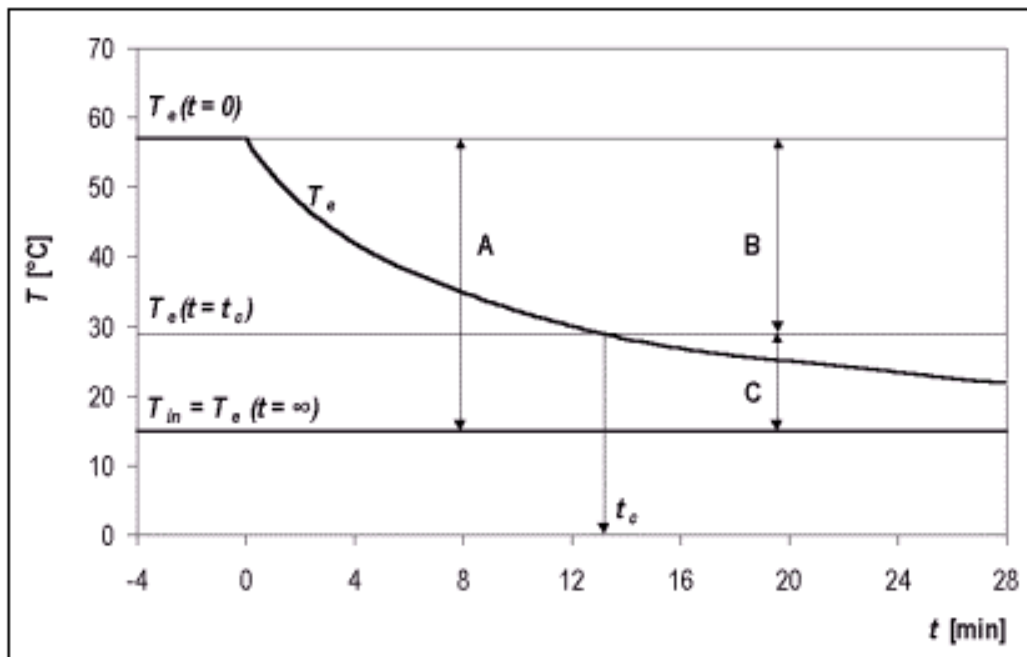
Grafické znázornění účinnosti je provedeno statistickým zpracováním křivky užitím např. metody nejmenších čtverců k získání závislosti účinnosti ve tvaru:

$$\eta = \eta_0 - a_1 \cdot T_m^* - a_2 \cdot G \cdot (T_m^*)^2 \quad (5)$$

Hodnoty účinnosti je možné vztahovat k ploše apertury kolektoru nebo k ploše absorberu. Mezi takto stanovenými hodnotami nabízí norma přepočtové vztahy. (2)

### **A.2.2 Zkouška časové konstanty kolektoru**

Časová konstanta, vyjadřující tepelnou setrvačnost kolektoru vlivem tepelné kapacity jeho částí, je definována jako čas potřebný ke změně teploty teplotnosné látky na výstupu z kolektoru o 63,2 % z celkové hodnoty teplotní změny z původní teploty na novou ustálenou po skokové změně dopadajícího slunečního záření či vstupní teploty. Časová konstanta závisí na provozních podmínkách, především na průtoku teplotnosné látky kolektorem. Způsob stanovení časové konstanty  $t_c$  je názorně uveden na obrázku A.2. (2)



Obrázek A.2 - Stanovení časové konstanty (2)

Nejčastějším způsobem stanovení je provoz kolektoru za ustálených podmínek s konstantní vstupní teplotou teplonosné látky  $T_{in}$  blízkou teplotě okolí  $T_a$ . Solární kolektor je náhle zastíněn od dopadajícího slunečního záření a je sledován pokles výstupní teploty jako funkce času nebo naopak stíněný kolektor v ustáleném stavu je náhle vystaven slunečnímu záření a sledován je nárůst výstupní teploty na novou ustálenou hodnotu. Časová konstanta kolektoru  $t_c$  je potom čas, při kterém je dosaženo rovnosti:

$$\frac{T_e(t=t_c) - T_{in}}{T_e(t=0) - T_{in}} = \frac{C}{A} = \frac{1}{e} = 0,368 \quad (6)$$

při chlazení kolektoru, případně

$$\frac{T_e(t=t_c) - T_{in}}{T_e(t=\infty) - T_{in}} = 1 - \frac{1}{e} = 0,632 \quad (7)$$

při ohřívání kolektoru,

kde

$T_e(t = 0)$  ..... Je výstupná teplota z kolektoru při přerušení dopadu slunečního  
záření

$T_e(t = t_c)$  ..... Je výstupní teplota v čase  $t_c$

$T_e(t = \infty)$  ..... Je nová ustálená výstupní teplota z kolektoru

Alternativní metodou stanovení časové konstanty je zkoušení kolektoru nevystaveného slunečnímu záření (stíněný, v noci či ve vnitřním prostředí) při zavedení skokové změny vstupní teploty z hodnoty ležící dostatečně nad teplotou okolí na hodnotu teploty okolí. (2)

Metodika zkoušky daná normou spočívá ve skokové změně solárního ozáření kolektoru a to přechodem ze zastíněného kolektoru na ozářený kolektor či opačně. Při zkoušce je solární kolektor zastíněn odrazivým krytem a zkušebním okruhem protéká teplotonosná látka o konstantní teplotě blízké teplotě okolí a stejném průtoku, který je použit po zkoušce tepelné účinnosti, dokud nejsou dosaženy podmínky ustáleného stavu. Po odstranění krytu je pokračováno v plynulém měření teplot  $T_a$ ,  $T_{in}$  a  $T_m$ , dokud nejsou znovu dosaženy podmínky ustáleného stavu, to znamená, že teplota na výstupu z kolektoru kolísá méně než 0,05 K za minutu. Časová konstanta je určena z průběhu nárůstu příp. poklesu výstupní teploty (viz obrázek A.2).

### A.2.3 Zkouška modifikátoru úhlu dopadu

Vliv úhlu dopadu slunečního záření na výkon solárního kolektoru vyjadřuje modifikátor úhlu dopadu  $K_\theta$ . Závislost součinu propustnosti zasklení kolektoru a pohltivosti absorberu  $\tau\alpha$  na úhlu dopadu se u různých kolektorů liší. Modifikátor je definován jako poměr:

$$K_\theta = \frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)_n} \quad (8)$$

kde

$n$  ..... Značí kolmý úhel dopadu

Potom pro různé úhly dopadu slunečního záření je využitelný tepelný zisk kolektoru dán vztahem:

$$Q_u = A_c \cdot F' \cdot [K_\theta \cdot (\tau\alpha)_n \cdot G - U \cdot (T_m - T_a)] \quad (9)$$

Experimentální stanovení  $K_\theta$  se provádí buď ve vnitřním prostředí polohováním kolektoru pod různými úhly v rozmezí 30° až 60°, nebo ve venkovním prostředí prováděním dvojice zkoušek při stejných podmínkách vždy symetricky okolo solárního poledne, při úhlech dopadu slunečního záření od 30° do 60°. (2)

Norma poskytuje dvě metody pro zkoušky solárního kolektoru za účelem stanovení jeho modifikátoru úhlu dopadu.

První metoda je použitelná pro zkoušky v solárním simulátoru nebo ve venkovním prostředí s použitím pohyblivého zkušebního stojanu s možností orientace solárního kolektoru vůči slunci. Kolektor je natáčen podle požadovaného úhlu dopadu. Pro běžné ploché kolektory je postačující jediný úhel dopadu 50°.

Druhá metoda je použitelná pro venkovní zkoušky na nepohyblivém zkušebním stojanu. Hodnoty účinnosti se stanovují symetricky před a po solárním poledni s ohledem na žádané úhly dopadu (především 50°). Průměrný úhel dopadu je pro oba datové body stejný.

V obou metodách je střední teplota teplotnosné látky regulována v nejužším možném rozsahu (alespoň  $\pm 1$  K) vzhledem k teplotě okolního vzduchu, neboť potom je tepelná účinnost kolektoru rovna optické účinnosti. Hodnoty účinnosti jsou stanovovány v souladu s výše popsanou metodou zkoušky tepelné účinnosti. (2)

Modifikátor úhlu dopadu je určen ze vztahu:

$$K_\theta = \frac{\eta}{F'(\tau\alpha)_n} \quad (10)$$

kde

$F'(\tau\alpha)_n$  ..... Je určen ze zkoušky tepelné účinnosti jako průsečík s osou y

Použitím vztahu (10) je možné z hodnoty  $K_\theta(0^\circ) = 1$  a měřením stanovené hodnoty  $K_\theta(50^\circ)$  určit směrnici  $b_0$  a tudíž celou charakteristiku modifikátoru úhlu dopadu v závislosti na úhlu dopadu. (2)

#### **A.2.4 Ostatní zkoušky solárních kolektorů uváděné normou**

Z důležitých zkoušek uváděných normou pro provedení na zkušebním okruhu lze uvést stanovení tlakové ztráty kolektoru, zkoušení nezasklených solárních kolektorů

za ustálených podmínek a zkoušení zasklených a nezasklených kolektorů při kvazi-dynamických podmínkách.

Norma dále předepisuje zkoušky spolehlivosti solárních kolektorů, jmenovitě zkoušku na vnitřní přetlak, odolnosti vysokým teplotách, vystavení vlivům prostředí, na vnější a vnitřní tepelný ráz, průniku deště, odolnosti vůči mrazu, mechanického zatížení a odolnosti proti nárazu.

### **A.3 Standartní zkoušení solárních systému**

Pro zkoušení průmyslově vyráběných tepelných solárních soustav byla zavedena evropská norma ČSN EN 12976 (Všeobecné požadavky a Zkušební metody). Z hlediska zkoušení výkonových vlastností soustav se norma zabývá zkouškou tepelného výkonu solárních soustav s dodatkovým zdrojem tepla a bez dodatkového zdroje tepla (předehřev).

Ve výkonové zkoušce se z výsledků zkoušky určují výkonové ukazatele solárních soustav s dodatkovým zdrojem tepla - potřeba čisté dodatkové energie, pomocná energie (elektrina) pro pohon čerpadel a regulace a solárních soustav bez dodatkového zdroje tepla - teplo dodané solárním systémem, solární podíl a pomocná energie (elektrina) pro pohon čerpadel a regulace. Zkoušky využívají zkušebních metod stanovených v normách ISO 9459-2 (solární soustavy bez dodatkového zdroje tepla) a ISO/DIS 9459-5:1997 (solární soustavy s dodatkovým zdrojem tepla). Tyto normy v České Republice zatím nebyly zavedeny.

Další zkoušky předepsané normou jsou zkoušky odolnosti proti mrazu, ochrany proti přehřátí (poškození soustavy, opaření uživatele), tlakové odolnosti, znečištění vody, ochrany proti blesku, mechanické odolnosti nosného rámu, bezpečnostních zařízení, označování, schopnosti krýt nejvyšší denní zatížení dodatkovým zdrojem tepla (při nulové hladině ozáření), ochrany proti zpětnému průtoku a bezpečnosti elektrických zařízení.

### **A.4 Provozní měření solárních systémů**

Provozní měření na solárních systémech jsou velmi významná. Oproti standardním zkušebním metodám za jasně definovaných "ideálních" podmínek nám poskytují informaci o tom, jak se solární systém chová jako celek v reálných podmínkách v průběhu určitého časového období. Ve výsledném tepelném zisku stanoveném z experimentálních dat systému je zahrnuta vlastní interakce mezi zdrojem tepla (solární kolektor), přenosovou soustavou (výměník, potrubí), spotřebičem (akumulační zásobník) a dalšími faktory, např. provozní strategie či znečištění kolektorů. Je zřejmé, že vysoce kvalitní kolektor, který je zapojen ve špatně

navrženém systému, např. příliš poddimenzovaný akumulční zásobník, s neefektivními prvky, např. špatná izolace potrubí, nebo je "pouze" špatně udržovaný (zašpiněný), může vykazovat nízký tepelný zisk. (2)

Jak již bylo řečeno, provozní podmínky se významně liší od laboratorních podmínek, za kterých výrobce stanovuje závislost účinnosti kolektoru. Nejedná se pouze o klimatické podmínky či teplotní poměry na kolektoru, ale také např. o teplotnosnou látku (nemrznoucí směs bude mít horší parametry z hlediska přenosu tepla než čistá voda) či velikost průtoku teplotnosné látky systémem (systémy s vysokým a nízkým průtokem).

Měřicí okruh pro provozní měření je oproti laboratornímu zjednodušen, neboť je dán skutečnými prvky systému. Z klimatických dat je sledována venkovní teplota v okolí kolektorů a globální sluneční ozáření v rovině kolektoru. Čidlo slunečního ozáření (pyranometr) je nutné během měření udržovat v dostatečné čistotě. Pro stanovení tepelného zisku solárního systému (energie dodané za časové období) je vhodné využít měřič tepla - průtokoměr se dvěma čidly teploty přívodního a zpětného potrubí primárního okruhu ve strojovně v místě před připojením akumulčního zásobníku. Pro další analýzy je možné připojit doplňková teplotní čidla na vstup a výstup kolektorového pole (pro hodnocení tepelných ztrát, případně zisků v potrubí), teplotní čidla v různých výškách akumulčního zásobníku (pro hodnocení úrovně stratifikace), měřiče tepla na straně teplé užitkové vody a dodatkového zdroje tepla, případně měření spotřeby elektrické energie pro pohon oběhových čerpadel.

Provozní měření se využívají k různým účelům, nejčastěji se stanovuje tepelný zisk, případně provozní účinnost solárního systému za určité období  $\Delta t$  vztahem:

$$\eta = \frac{\int Q_u \cdot \Delta t}{A_c \cdot \int G \cdot \Delta t} \quad (11)$$

kde

$Q_u$  .....Je zisk kolektoru [kW]

$A_c$ .....Je plocha kolektoru [m<sup>2</sup>]

$G$ .....Je solární ozáření [W/m<sup>2</sup>]

Provozní měření se využívají pro detailní analýzy velkých solárních systémů (identifikace slabých míst návrhu, zkoumání chování kolektorů za reálných podmínek, apod.), pro vytváření či kalibraci počítačových modelů solárních systémů, nebo pro prosté stanovení přínosu solárního systému uživateli (jednoduché systémy).

Požadavky na přístrojové vybavení a dobu trvání měření odpovídají požadovanému typu informace.

Dlouhodobá provozní měření velkých solárních systémů slouží k optimalizaci využití sluneční energie a dlouhodobému monitorování parametrů. Měřicí přístroje (uvedeny výše) jsou trvalou součástí solárního okruhu a slouží ke kontinuálnímu snímání měřených veličin. Vyhodnocují se tepelné zisky za určitá období, provozní účinnost, mezní stavy systému apod.

Pro běžně instalované jednoduché solární systémy se používá minimálního přístrojového vybavení pro stanovení množství tepla dodaného solárním systémem (kalorimetr - průtokoměr, 2 čidla, vyhodnocovací jednotka). Měření se provádí buď na straně spotřeby, pokud je akumulací zásobník bez dodatkového zdroje tepla, nebo na primární straně, pak nejsou uvažovány tepelné ztráty zásobníku. Čidlo ozáření není nutné, pro dlouhodobé bilance lze využít informace o slunečním záření z měření prováděných v dané lokalitě Českým hydrometeorologickým ústavem.

Krátkodobá provozní měření (řádově měsíce) se využívají většinou k vytvoření dynamického matematického modelu solárního systému s reálnými parametry. Pomocí takového modelu je pak možné odhadnout dlouhodobý výkon solárního systému bez nutnosti trvalého měření. Délka měření je dána kritériem, že klíčové proměnné (střední teplota teplotonosné látky  $T_m$ , teplota okolí  $T_a$ , sluneční ozáření  $G$ , rychlost vzduchu v okolí kolektoru  $u$ , úhel dopadu slunečního záření  $\gamma$ ) se během měření musí měnit v celém svém rozsahu (doporučená rozmezí), aby byly při měření dostatečně postihnuty provozní stavy solárního systému. Po splnění kritérií proměnlivosti všech klíčových proměnných se měření ukončí a provede se porovnání s matematickým modelem. Před vlastním měřením je vhodné provést s matematickým modelem systému tzv. "slepou simulaci" s použitím teoretických hodnot parametrů solárního systému. Tím je možné získat odhad rozsahu hodnot jednotlivých proměnných, a tyto rozsahy se použijí jako rozhodující kritéria pro ukončení krátkodobého měření. Kritéria jsou vždy závislá na daném systému a lokalitě. Zobecnění kritérií vede ke snížení přesnosti parametrů nebo k prodloužení trvání měření. Uvedená metoda nevykazuje rozdíly při měření v různých částech roku, přesnost odhadu ročního tepelného zisku je  $\pm 5 \%$  [4]. Při krátkodobých měřeních používaných ke kalibraci matematických modelů se kromě výše uvedených veličin měří i rychlost větru a sluneční difúzní ozáření. (2)

## A.5 Shrnutí

Laboratorní a provozní měření poskytují různé typy informací o chování solárních kolektorů a systémů. Laboratorní měření umožňuje určit jmenovitý tepelný zisk kolektoru za jednoznačně definovaných provozních podmínek danými standardními



metodami a tedy porovnat různé typy solárních kolektorů a systémů od různých výrobců z hlediska jejich efektivnosti. Provozním měřením lze stanovit reálný tepelný zisk solárního systému za skutečných, značně proměnlivých podmínek v určitém časovém horizontu (měsíce, roky).

## B VÝPOČTOVÁ ČÁST

### B.1 Popis objektu

Bytový dům se nachází ve městě Tišnov na ulici Jiráskova č. p. 859, asi 25 km severozápadně od Brna. Bytový dům má dvě nadzemní podlaží a jedno podzemní podlaží. Celkem čtyři bytové jednotky se nachází v 1. - 2. nadzemním podlaží. Pro účely výpočtu se v objektu uvažuje s dvanácti osobami. V podzemním podlaží se nachází sklepní kóje a technická místnost. Odklon objektu od jihu je 45°.



Obrázek B.1 - Posuzovaný objekt

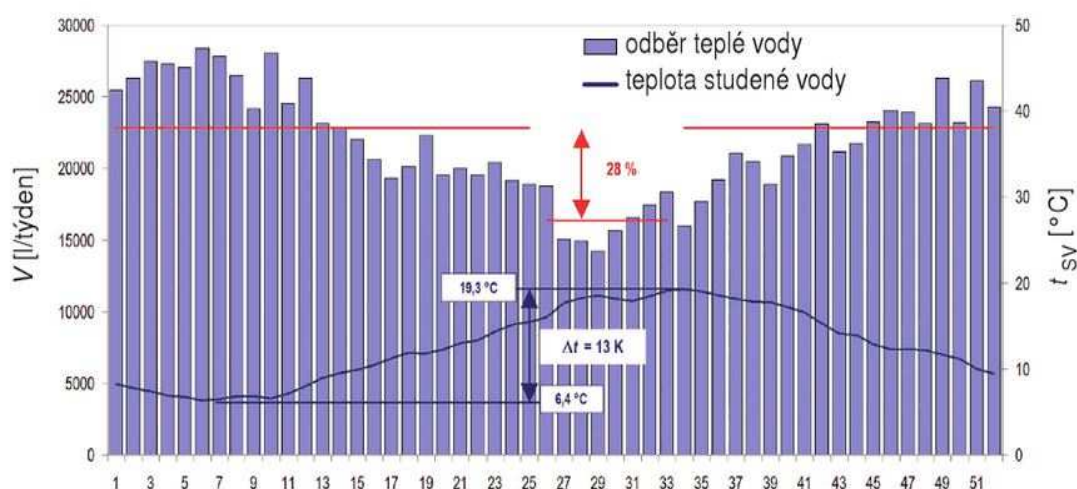
Ohřev teplé vody je v objektu zajištěn pomocí plynového kotle, který objekt současně vytápí. Kotel je napojen na zásobník teplé vody o objemu 550 l. Veškerá technická zařízení se nacházejí v 1. podzemním podlaží.

Střecha objektu je valbová se sklonem 32°.

### B.2 Analýza objektu pro ohřev TV

V souvislosti s energetickým hodnocením budovy bývá nutné stanovit potřebu teplé vody a potřebu tepla pro její přípravu. V České republice chybí národní předpis, ve kterém by byly uvedeny specifické potřeby teplé vody. Hodnoty denní potřeby uvedené v ČSN 06 0320 nelze pro energetické hodnocení použít, protože hodnoty potřeby teplé vody jsou v této normě vysoké a slouží pro návrh ohřívače vody. (3)

Pro navrhování solárních soustav se nedoporučuje uvažovat úroveň měrné spotřeby teplé vody nad 40 l/(os·den) při teplotě 60°C. Zkušenosti z praktických měření v bytových domech ukazují, že měrné spotřeby se zpravidla pohybují mezi 25 a 35 l/(os·den). Pro stanovení návrhové spotřeby tepla na přípravu teplé vody je nezbytné uvažovat také vliv reálné obsazenosti domu na průběh spotřeby tepla během roku. Na obrázku B.2 je zobrazen průběh spotřeby teplé vody v bytovém domě v Praze - Stodůlkách. Z grafu je patrný pokles odběru teplé vody v letním období červen-srpen, typický pro bytové domy. (4)



Obrázek B.2 - Průběh spotřeby teplé vody a teploty studené vody vstupující do přípravy TV v bytovém domě v Praze - Stodůlkách (4)

Pro bytové domy se jako referenční návrhový měsíc uvažuje červenec (100% návrhové pokrytí). Toto pokrytí odpovídá 40-60 % roční potřeby na přípravu teplé vody. Návrh zajišťuje minimalizaci letních nevyužitelných přebytků energie a celoroční pokrytí potřeby tepla na přípravu teplé vody. (5)

V našem případě nemáme k dispozici údaje o celkové denní potřebě tepla na přípravu teplé vody. Postup výpočtu je tak převzat z technické novelizační normy TNI 73 0302 pro zjednodušené energetické hodnocení solárních tepelných soustav (zjednodušené vstupní údaje, zjednodušený výpočet). Tato bilanční metoda se stala referenční metodou při posuzování energetických přínosů solárních tepelných soustav v rámci podpory v Operačním programu Životní prostředí a v dotačním programu Zelená úsporám.

### B.3 Měsíční potřeba teplé vody

Měsíční potřeba teplé vody v m<sup>3</sup>/měsíc je dána vztahem:

$$V_{TV,m\acute{e}s} = n \cdot f \cdot V_{TV,den/os} \quad (12)$$

kde

n.....Počet dní v měsíci

f.....Počet měrných jednotek

$V_{TV,den/os}$ .....Průměrná denní spotřeba vody [ $m^3/os \cdot den$ ]

V hodnoceném objektu se nacházejí celkem čtyři bytové jednotky, každá se třemi osobami. Průměrná denní spotřeba vody byla převzata z tabulky 1 uvedené v TNI 73 0302.

Parametry použité pro výpočet:

$V_{TV,den/os}=40 \text{ l/os} \cdot den = 0,040 \text{ m}^3 \cdot os^{-1} \cdot den^{-1}$ ;  $f=12$  osob;  $n=viz$  tabulka B.1

V letních měsících červenec a srpen bylo uvažováno se snížením spotřeby teplé vody o 25%.

Tabulka B.1 - Měsíční potřeby teplé vody

Měsíc	Počet dní v měsíci [-]	Potřeba teplé vody se snížením v měsících červenec a srpen [ $m^3 \cdot m\acute{e}s^{-1}$ ]
Leden	31	15,67
Únor	28	14,23
Březen	31	15,67
Duben	30	15,19
Květen	31	15,67
Červen	30	15,19
Červenec	31	10,95
Srpen	31	10,95
Září	30	15,19
Říjen	31	15,67
Listopad	30	15,19
Prosinec	31	15,67

### B.3.1 Měsíční potřeba tepla na přípravu teplé vody

Měsíční potřeba tepla na přípravu teplé vody v kWh/měsíc je dána vztahem:

$$Q_{TV,m} = (1 + z) \cdot \frac{n \cdot V_{TV,den} \cdot \rho \cdot c \cdot (t_{TV} - t_{SV})}{3,6 \cdot 10^6} \quad (13)$$

kde

z.....Přirážky pro zahrnutí tepelných ztrát souvisejících s přípravou teplé vody

n.....Počet dní v měsíci

$V_{TV,den}$ .....Průměrná denní spotřeba vody [ $m^3/den$ ]

$\rho$ .....Hustota vody [ $kg/m^3$ ]

c.....Měrná tepelná kapacita vody [ $J/kg \cdot K$ ]

$t_{sv}$ .....Teplota studené vody [ $^{\circ}C$ ]

$t_{tv}$ .....Teplota studené vody [ $^{\circ}C$ ]

Parametry použité pro výpočet:

$z=0,3$ ;  $n$ =viz tabulka B.2;  $V_{TV,den}=0,48$  [ $m^3/den$ ];  $\rho=999,7$  [ $kg/m^3$ ];  $c=4180$  [ $J/kg \cdot K$ ];  $t_{sv}=10^{\circ}C$ ;  $t_{tv}=55^{\circ}C$

Tabulka B.2 - Měsíční potřeba tepla na přípravu teplé vody

Měsíc	Počet dní v měsíci [-]	Potřeba tepla na přípravu teplé vody [kWh/měs]
Leden	31	1 064
Únor	28	966
Březen	31	1 064
Duben	30	1 031
Květen	31	1 064
Červen	30	1 031
Červenec	31	744
Srpen	31	744
Září	30	1 031
Říjen	31	1 064
Listopad	30	1 031
Prosinec	31	1 064
$\Sigma$		11 897

## B.4 Návrh solárních kolektorů

V rámci dotačního programu Zelená úsporám jsou podporovány pouze solární termické systémy s kolektory splňujícími minimální hodnotu účinnosti  $\eta_{sk}$  dle vyhlášky č. 441/2012 Sb., o stanovení minimální účinnosti užití energie při výrobě elektřiny a tepelné energie.

### B.4.1 Výběr solárních kolektorů

Solární kolektory byly navrženy tak, aby vyhovovaly podmínkám programu Zelená úsporám s ohledem na jejich účinnost, variabilitu instalace na stávající střechu a ceny solárních kolektorů. Solární kolektory jsou zaregistrované v seznamu SVT programu Zelená úsporám. Solární systém je navržen pro ohřev teplé vody, která je v případě potřeby dohřívána stávající technologií - plynovým kotlem. Požadovaná teplota teplé vody je 60 °C. Pro posuzovaný objekt byly navrženy solární kolektory Sun Wing T4 Cu 2,2.



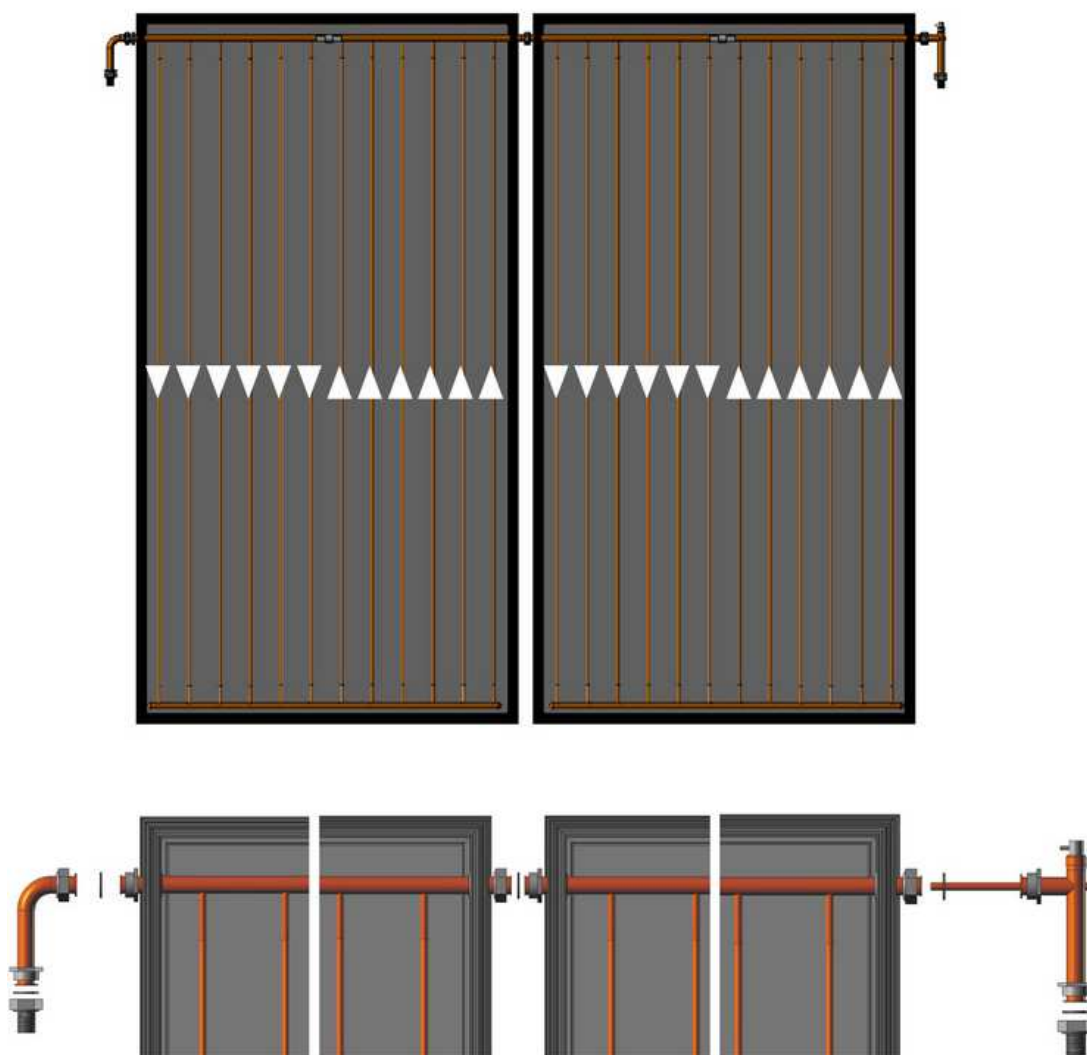
Obrázek B.3 - Sluneční kolektor Sun Wing T4 Cu 2,2

### B.4.2 Popis solárních kolektorů

Navržené solární kolektory Sun Wing T4 Cu 2,2 jsou ploché solární kolektory s měděnými absorbéry, určené pro vertikální i horizontální instalaci. Kolektory jsou určené k celoroční absorpci přímého a difúzního slunečního záření. Mezi přednosti těchto solárních kolektorů patří:

- Český výrobek.
- Optická účinnost 83%.
- Integrované šroubení kolektorů umožňuje rychlé propojení mezi kolektory nebo mezi kolektorem a solárním potrubím.
- Nejsou potřeba další speciální fitinky.

Solární kolektory díky měděným absorbérům s vysoce selektivním povrchem efektivně zajišťují vysoké tepelné zisky ze slunečního záření pro ohřev teplé vody. Kolektory jsou kryté bezpečnostním antireflexivním solárním sklem síly 3,2 mm s nízkým obsahem oxidů železa. Kolektory tak zajišťují maximální prostup slunečního záření. Tepelné ztráty jsou omezeny izolací síly 40 mm z minerální vaty. Absorbér je tvořen dvojitou harfou viz obrázek B.4. (6)



Obrázek B.4 - Schéma absorbéru s uspořádáním dvojitá harfa (6)

Zjednodušený návrh počtu solárních kolektorů byl proveden pomocí online výpočtu. (7)

Návrh je pouze orientační, protože v online kalkulačce je uvažováno s hodnotami obsažené ve staré normě TNI 73 0302 z roku 2009.

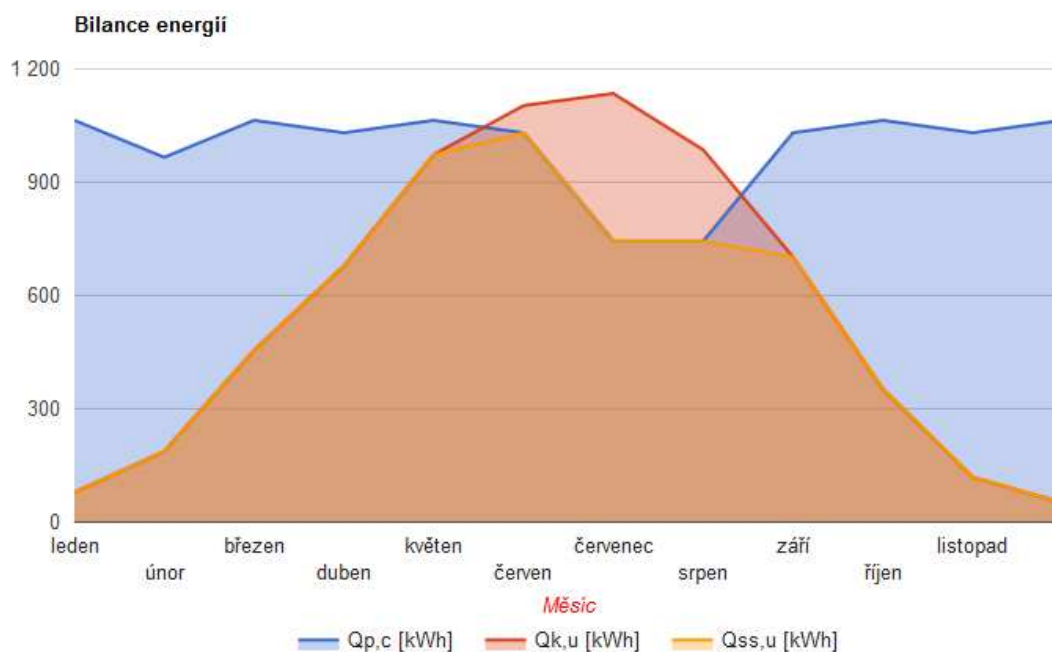
Tabulka B.3 - Zjednodušený návrh počtu solárních kolektorů pomocí online programu (7)

Optická účinnost $\eta_0$ (0 až 1)	<input type="text" value="0.83"/>	???
Lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru $a_1$	<input type="text" value="3.8"/>	W/m <sup>2</sup> .K ???
Kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru $a_2$	<input type="text" value="0.015"/>	W/m <sup>2</sup> .K <sup>2</sup> ???
Počet kolektorů	<input type="text" value="6"/>	ks ???
Plocha apertury solárního kolektoru $A_{k1}$	<input type="text" value="2,1"/>	m <sup>2</sup> ???
Celková plocha apertury kolektorů	<input type="text" value="12.6"/>	m <sup>2</sup>
Střední denní teplota v solárních kolektorech $t_{k,m}$	40 °C - Příprava teplé vody, 35 % < pokrytí < 70 % ▼	
Srážka z tepelných zisků kolektorů vlivem tep. ztrát $p$	Příprava teplé vody, od 10 do 50 m2 ▼ ???	
Sklon kolektoru $\beta$	<input type="text" value="30"/>	° ???
Azimut kolektoru $\gamma$ (jih = 0°)	<input type="text" value="45"/>	° ???

měsíc	<i>n</i> dny	<i>t</i> <sub>ep</sub> °C	<i>t</i> <sub>es</sub> °C	<i>G</i> <sub>T,m</sub> W/m <sup>2</sup>	$\eta_k$ -	<i>H</i> <sub>T,den</sub> kWh/m <sup>2</sup> .den	<i>H</i> <sub>T,měs</sub> kWh/m <sup>2</sup>	<i>Q</i> <sub>k,u</sub> kWh	<i>Q</i> <sub>p,TV</sub> kWh	<i>Q</i> <sub>p,VYT</sub> kWh	<i>Q</i> <sub>p,BV</sub> kWh	<i>Q</i> <sub>p,c</sub> kWh	<i>Q</i> <sub>ss,u</sub> kWh
leden	31	-1.5	2.2	298	0.28	0.9	27.9	79	1064	0	0	1064	79
únor	28	0	3.4	373	0.4	1.62	45.4	187	966	0	0	966	187
březen	31	3.2	6.5	453	0.51	2.81	87.1	455	1064	0	0	1064	455
duben	30	8.8	12.1	491	0.59	3.75	112.5	678	1031	0	0	1031	678
květen	31	13.6	16.6	514	0.64	4.8	148.8	973	1064	0	0	1064	973
červen	30	17.3	20.6	520	0.68	5.32	159.6	1103	1031	0	0	1031	1103
červenec	31	19.2	22.5	512	0.69	5.19	160.9	1135	744	0	0	744	744
srpen	31	18.6	22.6	493	0.69	4.54	140.7	986	744	0	0	744	744
září	30	14.9	19.4	456	0.64	3.56	106.8	702	1031	0	0	1031	702
říjen	31	9.4	13.8	389	0.55	2.03	62.9	352	1064	0	0	1064	352
listopad	30	3.2	7.3	313	0.38	1.02	30.6	119	1031	0	0	1031	119
prosinec	31	-0.2	3.5	270	0.24	0.66	20.5	51	1064	0	0	1064	51
							1104	6820	11898	0	0	11898	6114

Celkem bylo navrženo 6 solárních kolektorů.





Obrázek B.5 - Grafické znázornění energetického pokrytí solárních kolektorů (7)

### B.4.3 Vlastnosti solárních kolektorů

Vlastnosti solárních kolektorů byly převzaty z databáze výrobků programu Nová zelená úsporám. (8)

Solární kolektor Sun Wing T4 Cu 2,66 je vysoce selektivní termický kolektor s vynikající optickou účinností 83%, vhodný k celoročnímu ohřevu teplé vody. Kolektor s nízkým nárokem na montážní plochu dosahuje špičkového výkonu až 2,075 kW. Technické parametry solárního kolektoru, nutné pro další výpočty jsou uvedené v tabulce B. 4.

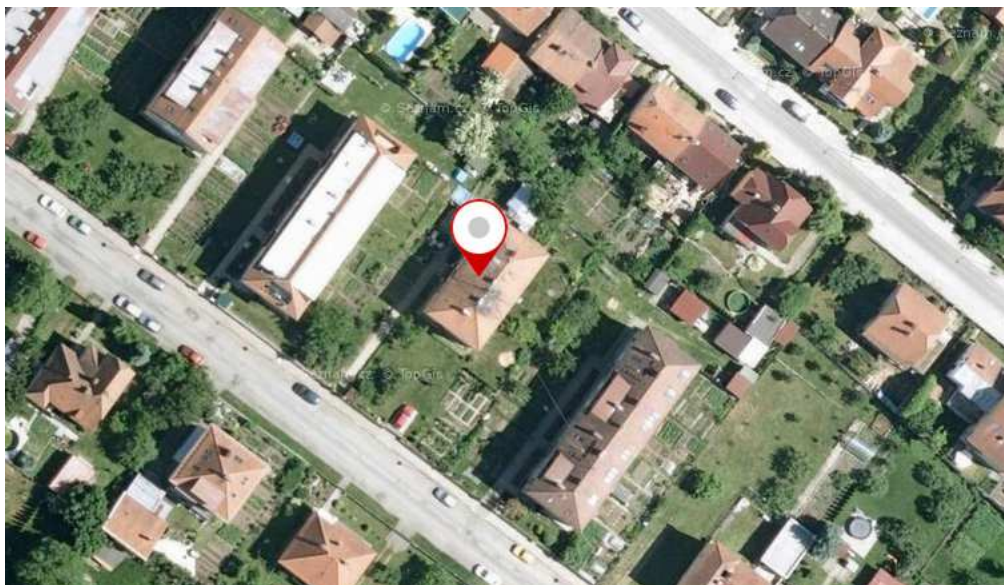
Tabulka B.4 - Parametry solárního kolektoru

Parametry solárního kolektoru Sun Wing T4 Cu 2,2		
Parametr	Hodnota	Jednotky
Typ kolektoru	Plochý	-
Rozměry (šířka x délka)	1092x2015	mm
Tloušťka	82	mm
Hmotnost	36	kg
Celková (hrubá) plocha kolektoru AG	2,2	m <sup>2</sup>
Plocha apertury kolektoru Aa	2,1	m <sup>2</sup>
Účinnost kolektoru $\eta_0$ ; dle ČSN EN 12 975	0,83	-
Účinnost kolektoru	0,7025	-
Jmenovitý výkon kolektoru	1 475	W
Součinitel tepelné ztráty $a_1$ ; dle ČSN EN 12 975	3,8	W·m <sup>-2</sup> ·K <sup>-2</sup>
Součinitel tepelné ztráty $a_2$ ; dle ČSN EN 12 976	0,015	W·m <sup>-2</sup> ·K <sup>-2</sup>
Maximální provozní teplota	110	°C
Klidová teplota	201	°C
Maximální provozní přetlak [MPa]	0,6	Mpa
Vodní objem	1,05	l
Doporučený objemový průtok	80	l·h <sup>-1</sup>
Doporučený pracovní přetlak	0,25	Mpa
Pohltivost absorberu $\alpha$	95	-
Emisivita absorberu $\varepsilon$	5	-
Selektivita absorberu $\alpha / \varepsilon$	90	-

## B.5 Stanovení využitelných tepelných zisků solární soustavy

Sluneční energie, která dopadne na plochu za určitý časový úsek, je závislá na sklonu plochy a její orientaci neboli azimutu. Optimální orientace plochy kolektorů je z hlediska roční dopadající sluneční energie jižní. Při odchylce azimutu plochy od jižního směru do 45°(jihovýchod, jihozápad) se roční úhrn dopadající energie nemění o více než 10 %. (5)

Vzhledem k umístění posuzovaného objektu v terénu, se nabízí jen omezené množství možností, jakým směrem na střechu umístit solární kolektory. Objekt je odchýlen od severu o 45° jak je vidět z obrázku B. 6.



Obrázek B.6 - Situace posuzovaného objektu (26)

Jediné možné umístění solárních kolektorů, aby bylo smysluplné a plnilo svůj účel, je na jihovýchodní či jihozápadní stranu. Vzhledem k velké ploše kolektorů se jeví ideální umístění solárních kolektorů na jihovýchodní stranu.

Pro výpočet stanovení využitelných tepelných zisků solární soustavy bylo vycházeno z tabulky A.1 uvedené v TNI 73 0302. Střešní konstrukce posuzovaného objektu má sklon 32°, pro výpočet byla tak použita tabulka B.5.

Teoretický měsíční využitelný tepelný zisk ze solárních kolektorů  $Q_{k,u}$  v kWh/měs je dán vztahem:

$$Q_{k,u} = 0,9 \cdot \eta_k \cdot n \cdot H_{T,den} \cdot A_k \cdot (1 - p) \quad (14)$$

kde

$\eta_k$  .....Střední denní (měsíční) účinnost kolektoru

$n$  .....Počet dní v měsíci

$H_{T,den}$  .....Skutečná denní dávka slunečního ozáření (pro různé sklony a orientace plochy kolektorů) se v jednotlivých měsících stanoví z tabulky B.5

$A_k$ .....Plocha apertury solárních kolektorů [ $m^2$ ]

$p$ .....Hodnota srážky z tepelných zisků solárních kolektorů vlivem tepelných ztrát solární soustavy (rozvody, solární zásobník), podle vztahu:

$$p = \frac{0,26}{A_k} + 100 \cdot \frac{A_k}{Q_{pc}} \quad (15)$$

kde

$Q_{pc}$  .....Střední denní (měsíční) účinnost kolektoru

Parametry použité pro výpočet:

$A_k$ =viz tabulka B.4;  $Q_{pc}$ =viz tabulka B.2

Tabulka B.5 - Dávka celkového slunečního ozáření

Dávka celkového slunečního ozáření $H_{T,den}$ [ $kWh/(m^2 \cdot den)$ ]												
Úhel sklonu plochy $\beta$	Dávky celkového slunečního záření $H_{T,den}$ [ $kWh/(m^2 \cdot den)$ ] pro azimutový úhel osluněné plochy $\gamma = \pm 45^\circ$											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VII I	IX	X	XI	XII
30	0,91	1,6 8	2,7 1	4,10	4,87	4,8 7	4,63	4,6 8	3,22	2,30	1,1 8	0,72

Střední účinnost solárního kolektorů se stanoví z rovnice křivky účinnosti:

$$\eta_k = \eta_0 - a_1 \cdot \left( \frac{t_{k,m} - t_{e,s}}{G_{T,m}} \right) - a_2 \cdot \left( \frac{(t_{k,m} - t_{e,s})^2}{G_{T,m}} \right) \quad (16)$$

kde

$G_{t,m}$ .....Střední denní sluneční ozáření uvažované plochy solárních kolektorů

ve  $W/m^2$ , hodnoty uvedené v tabulce B.6

$t_{k,m}$ .....Střední denní teplota teplotonosné kapaliny v solárních kolektorech v průběhu dne, se vypočte ze vztahu:

$$t_{k,m} = 25 + 11\,000 \cdot \frac{A_k}{Q_{pc}} \quad (17)$$

$t_{e,s}$ .....Střední venkovní teplota v době slunečního svitu, ve °C, hodnoty  
uvedené v tabulce B.7

Tabulka B.6 - Střední hodnota slunečního ozáření  $G_{T,m}$  [W/m<sup>2</sup>]

Úhel sklonu plochy $\beta$	Střední hodnota slunečního ozáření $G_{T,m}$ [W/(m <sup>2</sup> )] na různě skloněnou střechu pro azimutový úhel $\gamma=\pm 45^\circ$											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
30	296	373	453	491	514	520	512	493	456	389	313	270

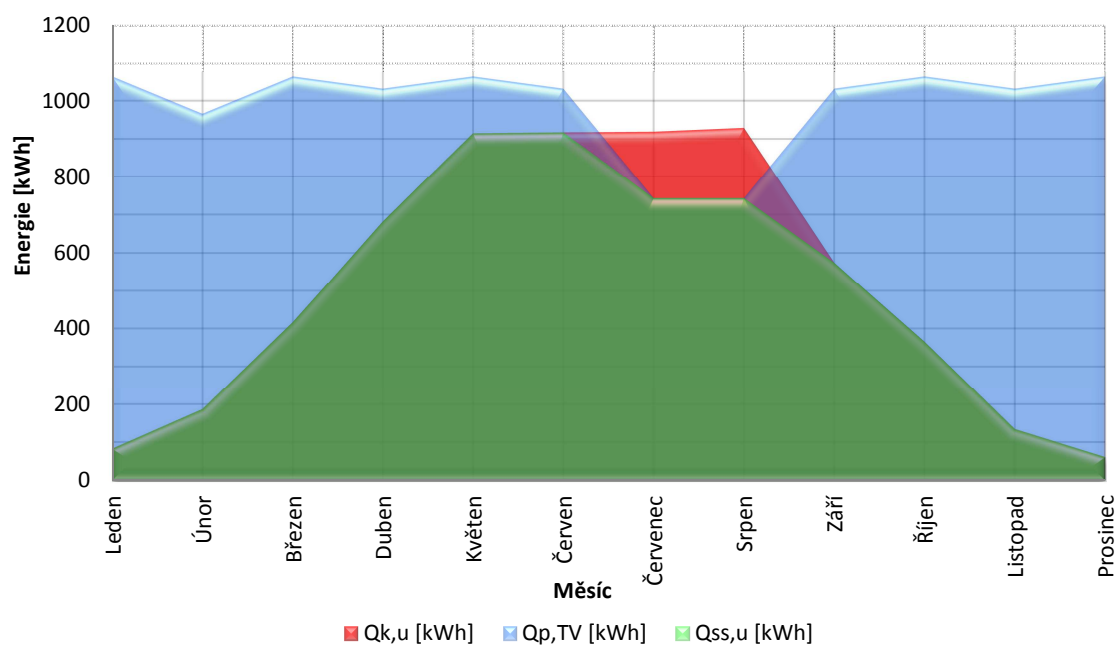
Tabulka B.7 - Střední měsíční venkovní teplota  $t_{e,p}$ , [°], střední teplota v sobě slunečního svitu  $t_{e,s}$  [°C],  
střední teplota v noci  $t_{e,n}$  [°C] (mimo sluneční svit) a teoretická doba slunečního svitu  $\tau$  [h/den]

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
tep [°C]	-1,3	-0,1	3,7	8,1	13,3	16,1	18,0	17,9	13,5	8,3	3,2	0,5
tes [°C]	1,8	2,7	6,3	10,7	16,0	18,6	20,5	21,1	17,1	11,7	6,4	3,6
ten [°C]	-2,9	-2,1	1,1	4,5	8,8	11,1	13,0	13,4	9,9	5,4	1,3	-1,1
$\tau$ [h/den]	8	10	12	14	15	16	16	14	12	11	9	8

Podstatou zjednodušené bilanční metody je stanovení skutečně využitých zisků solární soustavy  $Q_{ss,u}$  na základě porovnání teoreticky využitelných tepelných zisků solárních kolektorů  $Q_{k,u}$  a celkové potřeby tepla  $Q_{p,c}$ , která má být kryta. Výpočtový postup zohledňuje specifika dané solární soustavy: orientace a sklon kolektorů, tepelné ztráty v dané aplikaci, tepelné ztráty solární soustavy, využitelnost tepelných zisků z kolektorů, atd. (7)

Tabulka B.8 - Bilance navržených solárních kolektorů

Měsíc	n dny	$t_{ep}$ °C	$t_{es}$ °C	$G_{T,m}$ W/m <sup>2</sup>	$\eta_k$ -	$H_{T,den}$ kWh/m <sup>2</sup> ·den	$H_{T,měs}$ kWh/m <sup>2</sup>	$Q_{k,u}$ kWh	$Q_{p,TV}$ kWh	$Q_{ss,u}$ kWh
Leden	31	-1,3	1,8	298	0,32	0,91	28,3	84	1064	84
Únor	28	-0,1	2,7	373	0,44	1,68	47	187	966	187
Březen	31	3,7	6,3	453	0,54	2,71	84,1	417	1064	417
Duben	30	8,1	10,7	491	0,61	4,10	123	682	1031	682
Květen	31	13,3	16,0	514	0,66	4,87	151	914	1064	914
Červen	30	16,1	18,6	520	0,69	4,87	146	916	1031	916
Červenec	31	18,0	20,5	512	0,70	4,63	144	918	744	744
Srpen	31	17,9	21,1	493	0,70	4,68	145	928	744	744
Září	30	13,5	17,1	456	0,65	3,22	96,5	575	1031	575
Říjen	31	8,3	11,7	389	0,56	2,30	71,4	365	1064	365
Listopad	30	3,2	6,4	313	0,42	1,18	35,3	135	1031	135
Prosinec	31	0,5	3,6	270	0,30	0,72	22,3	62	1064	62
$\Sigma$							1094	6182	11897	5823



Obrázek B.7 - Grafické znázornění využitelných solárních zisků s orientací na jihovýchod, při sklonu střechy 30°

## B.6 Stanovení využitelných zisků solární soustavy, pokrývajících potřebu tepla v dané aplikaci

Využitelné zisky solární soustavy  $Q_{ss,u}$  [kWh/měs], pokrývajících potřebu tepla v dané aplikaci, se vyjádří jako průnik křivky potřeby tepla a teoreticky využitelných zisků solárních kolektorů, jak je vidět na obrázku B.7. Matematicky vyjádřeno jde o stanovení minimální hodnoty z teoretických tepelných zisků solárních kolektorů a celkové potřeby tepla na ohřev teplé vody v jednotlivých měsících podle vztahu:

$$Q_{ss,u} = \min(Q_{k,u}; Q_{p,Tv}) \quad (18)$$

Využitelné solární zisky v jednotlivých měsících lze vidět v tabulce B. 8 (viz výše).

Jednou podmínkou pro poskytnutí dotace v oblasti podpory solárních kolektorů na ohřev teplé vody je splnění měrného využitelného zisku solárního systému na připojenou bytovou jednotku. Požadovaná hodnota dle dotačního programu Nová Zelená úsporám činí  $Q_{ss,u} \geq 600$  kWh/rok·bj.

Měrný využitelný zisk solární soustavy je 5823 kWh/rok. V posuzovaném objektu se nachází celkem čtyři bytové jednotky. Měrný využitelný zisk solární soustavy na bytovou jednotku tak činí 1456 kWh/ rok·bj.

Celkové roční využitelné tepelné zisky solární soustavy v kWh/rok se stanoví jako součet takto získaných měsíčních hodnot. Ze stanovených ročních využitelných zisků je možné určit měrné využitelné tepelné zisky jako:

$$q_{ss,u} = \frac{\sum_I^{XII} Q_{ss,u}}{A_k} \quad (19)$$

Roční měrné využitelné zisky solární soustavy  $q_{ss,u}$  [kWh/m<sup>2</sup>·rok] se používají jako energetické, ekologické či ekonomické kritérium pro posouzení úspory energie, emisí či provozních nákladů z 1 m<sup>2</sup> instalovaných solárních kolektorů.

Roční měrné využitelné zisky solární soustavy činí 462,17 kWh/m<sup>2</sup>·rok.

Solární tepelné zisky nejsou závislé pouze na kvalitě navržených komponent (kolektor, zásobník), ale především na návrhu plochy solárních kolektorů vzhledem k potřebě tepla, resp. na požadovaném solárním podílu. (9)

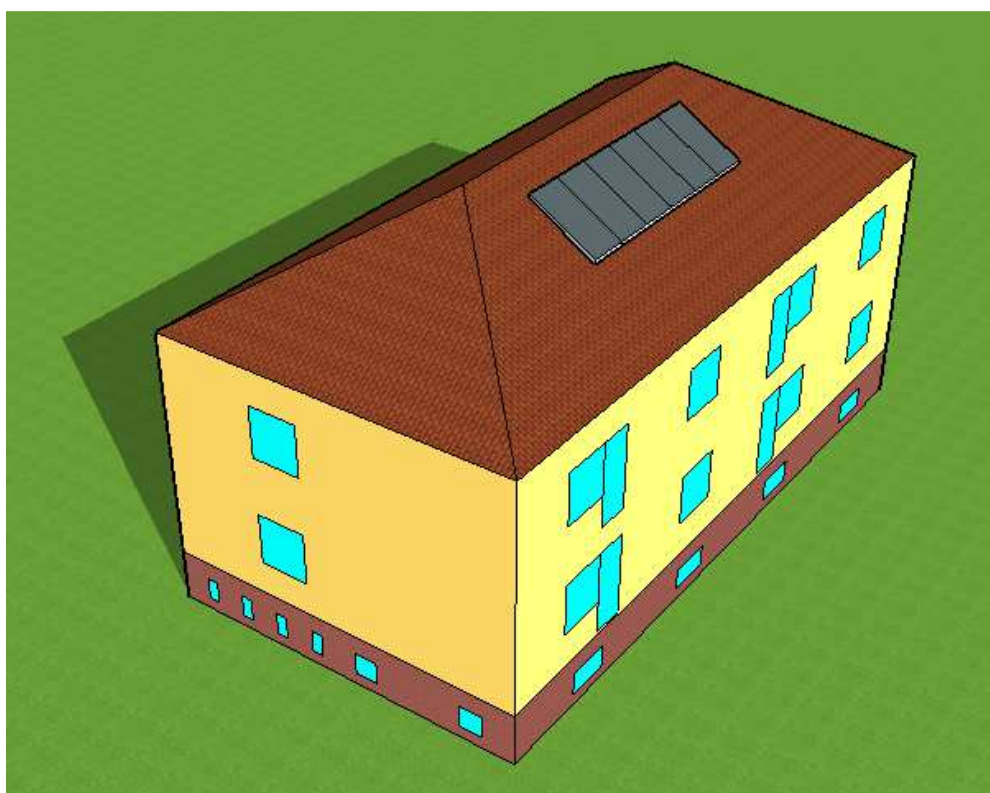
Z měsíčních a ročních hodnot využitelných tepelných zisků solární soustavy  $Q_{ss,u}$  je možné určit solární pokrytí (solární podíl)  $f$  [%], tj. procentuální pokrytí potřeby tepla v dané aplikaci využitelnými tepelnými zisky v daném období podle vztahu:

$$f = 100 \cdot \frac{Q_{ss,u}}{Q_{p,c}} \quad (20)$$

Solární podíl navržené solární soustavy činí 49 %.

### B.7 Návrh umístění solárních kolektorů na objekt

Solární kolektory Sun Wing T4 Cu 2,2 budou umístěny na střeše bytového domu. Rozložení kolektorových polí je součástí přílohy č.1. Solární kolektory budou umístěny na hliníkové konstrukci se sklonem 32°.



Obrázek B.8 - Umístění solárních kolektorů na objekt

### B.8 Montáž solárních kolektorů

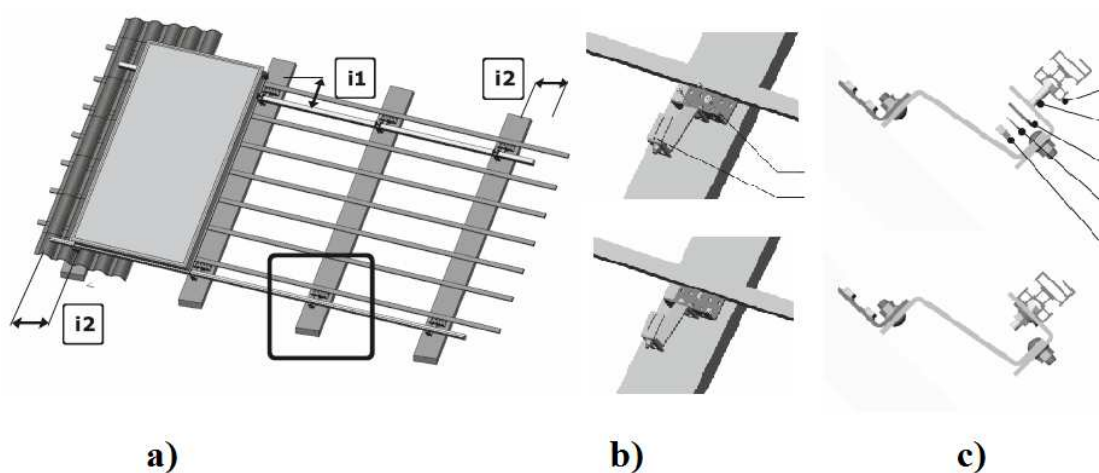
Instalaci solárních kolektorů na střeše mohou provádět pouze řádně proškolené osoby s příslušnou odbornou kvalifikací. To jsou osoby školené firmou dodávající solární kolektory nebo osoby školené prostřednictvím montážních skupin, u kterých proběhlo zdárně dokončené školení. Při instalaci solárních kolektorů na střechu je dodržován striktně pokynů výrobce.



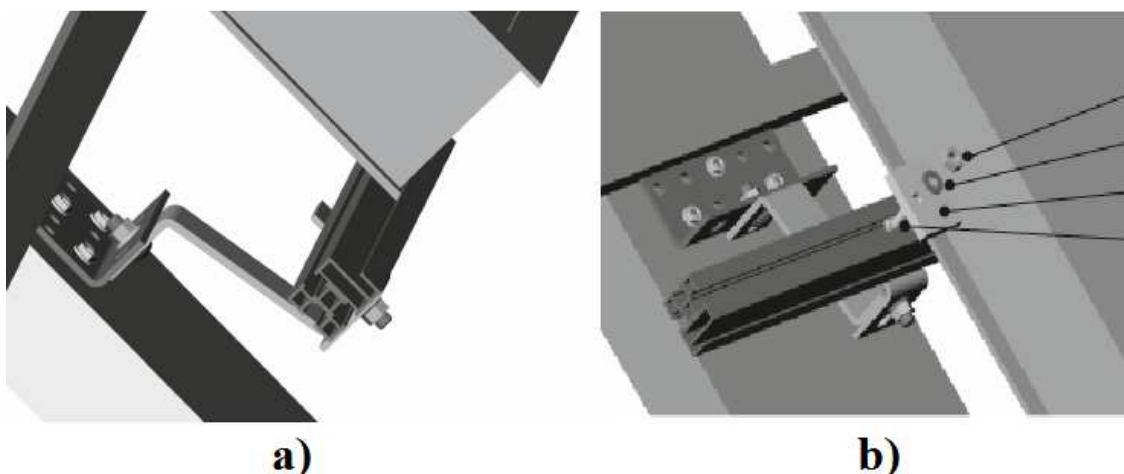
Nosná konstrukce se skládá ze střešních háků, dvou rovnoběžně umístěných profilových nosníků a upevňovacích dílů pro montáž. Před vlastní montáží na střechu se jednotlivé díly připraví.

Vedle základní plochy kolektorů, musí být na levé a pravé straně vždy prostor půl metru pro montáž připojovacího potrubí.

Střešní krytina se odkryje v místě montáže. Horní hrana kolektoru je umístěna cca ve 3. - 4. řadě tašek od hřebene střechy. Zaměří se umístění háků Vario tak, aby spodní i horní háky ležely na trámu v jedné ose. Minimální výšková rozteč háků je 1700 mm a maximální šířková rozteč je 1500 mm. Do dřevěného prvku krovu se předvrtají díky vrtákem a osadí se háky.



Obrázek B.9 - Postup montáže solárních kolektorů na střechu; a) rozmístění; b) vrtání děr; c) osazení háků (6)



Obrázek B.10 - Postup montáže solárních kolektorů na střechu; a) uchycení kolektoru do dolního nosníku; b) upěvnění kolektoru k hornímu nosníku (6)

## B.9 Návrh solárního zásobníku teplé vody

Zásobník teplé vody slouží k akumulaci energie získané ze solárních kolektorů v době, kdy slunce svítí. V době, kdy slunce nesvítí nebo je noc, naopak zásobník vykryvá potřebu teplé vody. V období minimálně od října do března je zapotřebí krýt spotřebu teplé vody bivalentním zdrojem tepla.

Při návrhu solárního systému se vychází ze spotřeby vody, která je přímo úměrná počtu osob v domácnosti. Podle těchto údajů se stanoví objem solárního zásobníku. Nejčastějším návrhem pro čtyřčlennou rodinu bývá 300 l solární zásobník, jež nahrazuje 120 – 140 l elektrický zásobník. Větší objem zásobníku je z důvodu akumulace pro překlenutí případného nepříznivého počasí.

Zásobníky jsou konstruovány tak, že doplňkový zdroj tepla (např. plynový kotel, elektropatrona) je umístěn v horní části zásobníku a dohřívá jen aktuálně potřebnou část objemu vody. Zásobníky jsou stacionární, materiál nerez nebo smalt.

Počet panelů na ohřev užitkové vody se dimenzuje na každých 100 l zhruba 2 m<sup>2</sup> kolektorové plochy. (10)

Pro posuzovaný objekt byl navržen solární zásobník R2BC 750 o objemu 750 l se dvěma integrovanými výměníky a s možností připojení elektrického topného tělesa.



Obrázek B.11 - Navržený solární zásobník (11)

Technické parametry solárního zásobníku jsou uvedeny v tabulce B.9.

Tabulka B.9 - Parametry solárního zásobníku teplé vody

<b>Základní charakteristika</b>	
Použití	příprava teplé vody
Popis	zásobníkový ohřivač vody se dvěma integrovanými výměníky a s možností připojení el. topného tělesa
Pracovní kapalina	voda (zásobník), voda nebo směs voda-glykol (max. 1:1) (výměník)
<b>Objednací kód</b>	<b>6 485</b>
<b>Energetické parametry (dle Nařízení Komise (EU) č. 813/2013)</b>	
Třída energetické účinnosti	<b>R2BC 750</b>
Statická ztráta	<b>neudává se</b>
Užitný objem	<b>113 W</b>
	<b>734 l</b>
<b>Technické údaje</b>	
Celkový objem zásobníku	762 l
Objem kapaliny v zásobníku	734 l
Objem kapaliny v horním výměníku	14 l
Objem kapaliny v dolním výměníku	14 l
Plocha horního výměníku	2,4 m <sup>2</sup>
Plocha dolního výměníku	2,4 m <sup>2</sup>
Max. teplota v zásobníku	95 °C
Max. teplota ve výměnících	110 °C
Max. tlak v zásobníku	10 bar
Max. tlak ve výměnících	10 bar
<b>Příprava teplé vody z 10 °C na 45 °C při teplotě otopné vody 60 °C</b>	
Horní výměník	2000 l/h (81,3 kW)
Dolní výměník	2000 l/h (81,3 kW)

Materiály	
Materiál zásobníku	S235JR, vnitřní povrch smaltovaný (DIN 4756)
Materiál výměníku	S235JR+N, vnější povrch smalt (DIN 4756)
Materiál izolace	PU pěna (tvrdá)
Vnější povrch izolace	PVC / ABS
Rozměry, klopná výška a hmotnost	
Průměr zásobníku	790 mm
Průměr zásobníku s izolací	950 mm
Celková výška zásobníku	1870 mm
Klopná výška	2100 mm
Hmotnost prázdného zásobníku	270 kg
Příslušenství	
Elektrické topné těleso	typy ETT-A, D, F, G, M
Max. délka / výkon topného tělesa	815 mm / 12,0 kW
Elektronická anoda	objednací kód 9 175
Náhradní díly (magnezievé anody)	
Mg anoda (A1), G 5/4"	objednací kód 3 698
Mg anoda do příruby (A2,3), G 5/4"	objednací kód 448
Mg anoda - řetízková, G 5/4"	objednací kód 13 112

## B.10 Návrh solárních rozvodů

Dimenzování potrubí okruhů solárních tepelných kapalinových soustav výrazně závisí na způsobu jejich provozu daným hodnotou měrného průtoku kolektorovým polem. V zásadě rozeznáváme soustavy s vysokým průtokem 50 až 70 [l/h·m<sup>2</sup>] kolektorové plochy (high-flow, většinou maloplošné soustavy pro rodinné domy s běžnými zásobníky tepla) nebo s nízkým průtokem 10-15 70 [l/h·m<sup>2</sup>] kolektorové plochy (low-flow, zpravidla větší soustavy, zásobník tepla se stratifikací). Nižší průtok vede k nižším světlostem potrubí.

Návrh světlosti potrubí solárních soustav z hlediska hydrauliky se provádí stejným způsobem jako u běžných tepelných soustav metodou ekonomické rychlosti proudění. Rychlost proudění by se měla pohybovat mezi 0,3 až 0,7 [m/s]. Vyšší rychlost proudění způsobuje nadměrnou tlakovou ztrátu, nižší rychlost znesnadňuje odvzdušnění primárního okruhu. Významným parametrem, který může ovlivnit hydrauliku soustavy a tedy i návrh světlosti potrubí je typ teplotnosné kapaliny, respektive její viskozita, na které závisí tlakové ztráty třením. (12)

Pro primární okruh solárního systému byly veškeré trubní rozvody navrženy jako nerezové flexi potrubí DN20. Solární potrubí je dvojité s izolací 13mm a kabelem pro připojení snímače teploty kolektorů k venkovnímu a vnitřnímu použití. Potrubí je překryto PE protekcí. Ve venkovním prostředí bude potrubí izolováno kaučukovou izolací s odolností -200 do +180 °C a odolností proti UV záření.



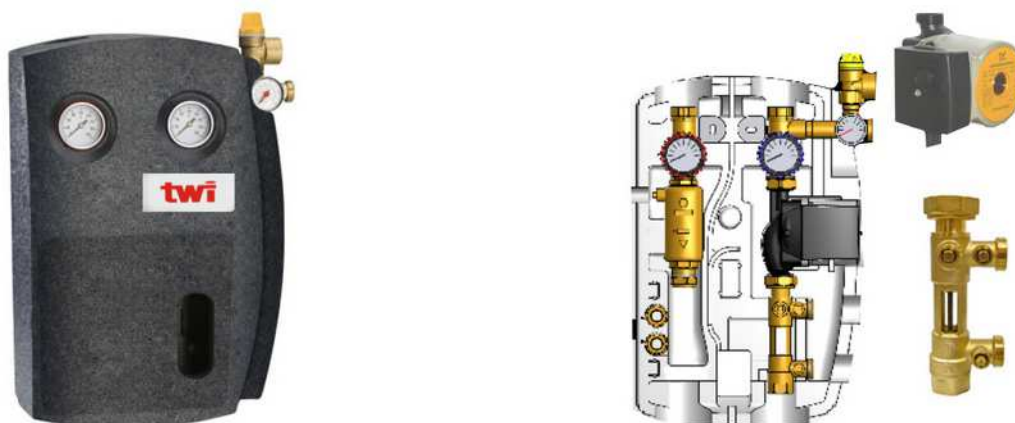
Obrázek B.12 - Navržené potrubí (6)

### B.11 Návrh solární kapaliny

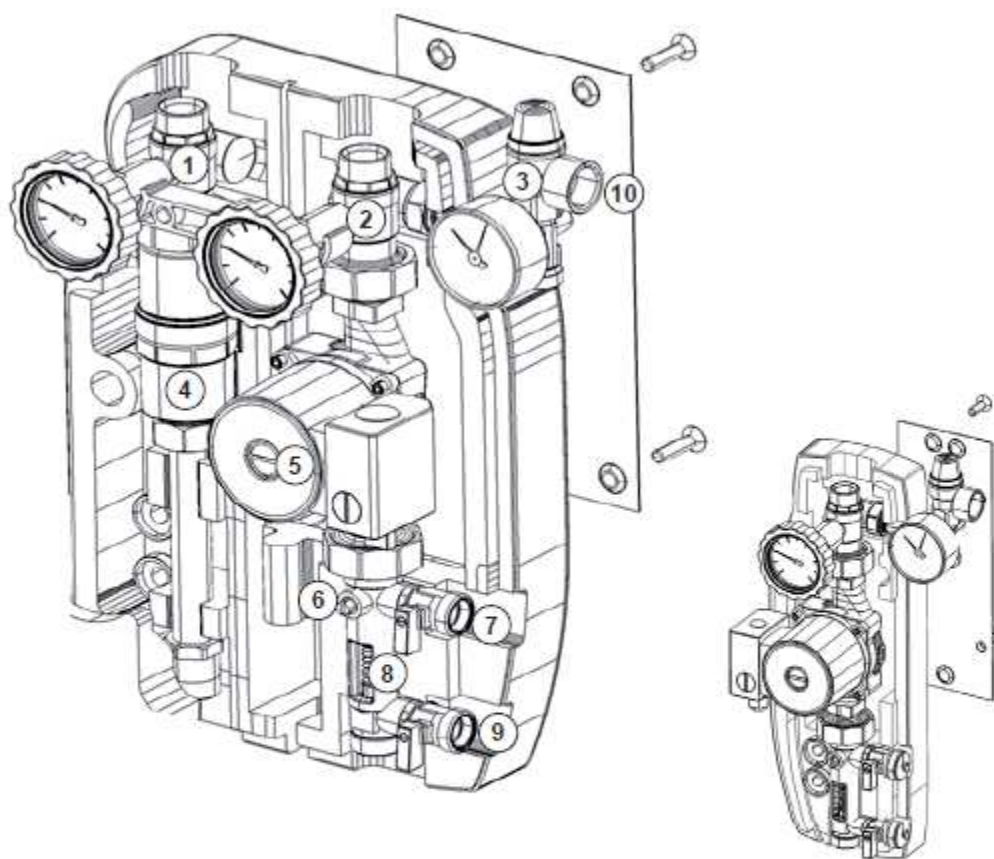
Pro solární systém byla navržena teplotnosná antikorozi kapalina s nízkým bodem tuhnutí na bázi monopropylenglykolu s přísadkou nejedovatých inhibitorů koroze a stabilizátorů pro dosažení zvýšené tepelné stability a prodloužené životnosti. Kapaliny lze použít pro všechny typy slunečních kolektorů splňujících teplotní podmínky dle pracovního vymezení. Uzavřená solární soustava se naplní nemrznoucí kapalinou. Kapalina se dodává v kanystrech.

### B.12 Návrh solární čerpadlové stanice

Solární hydraulické jednotky slouží k zajištění nuceného oběhu pracovní kapaliny v solárním systému. Navržená plně vybavená dvoucestná solární stanice obsahuje čerpadlo GRUNDFOS UPM3-15-75 pro průtok 0,5-15 l/min, dvojitou celokovovou zpětnou klapkou, integrovaný separátor vzduchu, průtokoměr, mechanickou regulaci průtoku, plnicí ventily a pojistný ventil.



Obrázek B.13 - Čerpadlová skupina (6)



- |  |  |
|--|--|
| 1 - Kulový ventil na topné větvi (teploměr s červeným lemem a stupnicí 0-120°C) se zpětným ventilem  | 4 - Separátor  |
| 2 - Kulový ventil na vratné větvi (teploměr s modrým lemem a stupnicí 0-120°C) se zpětným ventilem   | 5 - Třírychlostní oběhové čerpadlo s manuální regulací |
| 3 - Bezpečnostní skupina chrání instalaci před přetlakem. Je vybavena pojistným ventilem 6 bar. Je též vybavena manometrem a připojením na expanzní nádobu se závitem G 3/4" | 6 - Šroub regulace průtoku                             |
|  | 7 - Napouštění   |
|  | 8 - Průtokoměr   |
|  | 9 - Vypouštění   |
|  | 10 - Připojení přepadu pojistného ventilu              |
|  | 11 - Odvzdušňovací ventil                              |

Obrázek B.14 - Pohled do čerpací skupiny (6)

### B.13 Návrh expanzní nádoby

Solární soustava musí být vybavena expanzním zařízením, které umožňuje změny objemu teplotnosné kapaliny vlivem objemové roztažnosti bez nedovoleného zvýšení tlaku a zbytečných ztrát kapaliny způsobených otevřením pojistného ventilu, a to ani v případě stagnace při maximálních teplotách a tvorbě páry v kolektorech.

Objem expanzní nádoby kolektorového okruhu teplotnosné solární soustavy musí být stanoven výpočtem, který zohledňuje nárůst objemu teplotnosné kapaliny v kolektorovém okruhu ze studeného stavu do ohřátí na maximální provozní teplotu, vytlačení celého objemu teplotnosné kapaliny z kolektorů a přírodních potrubí v možném vývinu páry a provozní rozsah tlaku solární soustavy od minimálního plicního tlaku po maximální provozní tlak.



Z praktických zkušeností lze pro běžně provozované solární soustavy při provozním rozsahu od 200 až 600 kPa orientačně odhadnout velikost expanzní nádoby na 2 až 3 l/m<sup>2</sup> kolektorového pole.

Expanzní nádoba může být teoreticky umístěna kdekoliv v solární soustavě, s výhodou se umísťuje na studené straně kolektorového okruhu kvůli nižšímu tepelnému namáhání. Umístění zpětné klapky vůči expanzní nádobě by mělo umožnit snadné vyprázdnění kapaliny z kolektorů do expanzní nádoby v případě stagnace při vývinu páry v kolektorech. (4)

Pro posuzovanou solární soustavu o celkové ploše 13,2 m<sup>2</sup> kolektorového pole, byla navržena expanzní nádoba s membránou o objemu 40 l a maximálním provozním tlaku 10 bar. Expanzní nádoba s membránou je odolná proti propylen-glykolu.



Obrázek B.15 - Expanzní nádoba (13)

Přetlak v solární soustavě se stanoví podle vztahu:

$$p = 1,3 + (0,1 \cdot h) \quad (21)$$

kde

p.....Tlak v solární soustavě [bar]

h.....Výška od manometru do středu kolektorového pole [m]

Pro posuzovanou solární soustavu uvažujeme s výškou od manometru do středu kolektorového pole 12 m. Přetlak v solární soustavě činí 2,5 bar.

Výchozí přetlak v expanzní nádobě se upraví před naplněním systému oproti vypočtenému přetlaku soustavy na hodnotu o 0,5 bar nižší. Přednastavený tlak v expanzní nádobě se upraví před napuštěním systému na hodnotu podle vztahu:

$$p_{exp} = p - 0,5 \quad (22)$$

Pro posuzovanou solární soustavu vyšel upravený tlak v expanzní nádobě 2,0 bar.

## B.14 Instalace automatických odvzdušňovacích ventilů

Odvzdušňovací ventil je potřeba umístit v nejvyšším bodě solární soustavy. Více odvzdušňovacích ventilů je vhodné instalovat v případě, pokud v rozvodu existuje více míst, kde by se mohla utvořit vzduchová kapsa.

Pod automatickým odvzdušňovacím ventilem je nutné vždy instalovat kulový kohout, aby bylo možné automatický odvzdušňovací ventil po zprovoznění soustavy uzavřít. Předejde se tak únikům kapaliny při stagnaci soustavy.

Pro dokonalé odstranění vzduchu z okruhu se doporučuje vybavit čerpadlovou skupinu separátorem vzduchu. Separátor vzduchu je v navržené čerpadlové skupině umístěn na topné větvi.



*Příklady odvzdušňovacích ventilů:  
automatický plovákový: 1 – prostor  
s odváděným plynem, 2 – plovák, 3 –  
prostor vodní*

Obrázek B.16 - Ukázka odvzdušňovacího ventilu (14)



## B.15 Měření a regulace

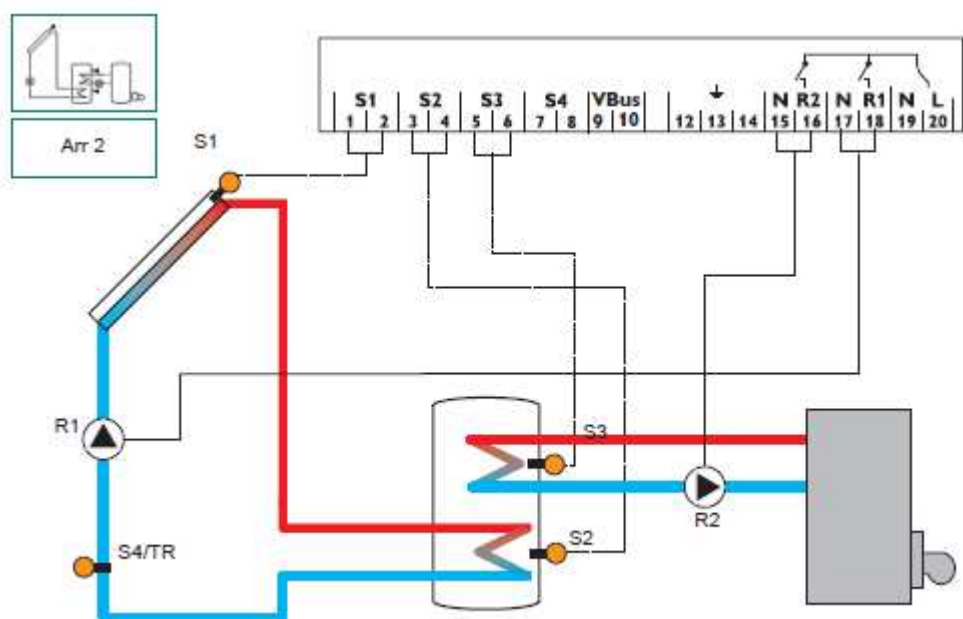
Regulace navržené solární soustavy s bivalentním zdrojem tepla spočívá v porovnávání aktuální teploty na kolektorech a aktuální teploty v zásobníku teplé vody. Při jejich dostatečné diferencii ve prospěch kolektorů dojde ke spuštění oběhového čerpadla solárního systému a přenosu tepla z kolektorů do zásobníku teplé vody přes výměník umístěný v tomto zásobníku. Pokud rozdíl teplot klesne pod určitou nastavenou hodnotu, dojde k odstavení čerpadla a přenos tepla je zastaven. Regulace takového systému může být ovlivněna pouze nastavením difference pro vypnutí a zapnutí oběhového čerpadla solárního systému.

Výrazného rozdílu ve využití solární energie lze dosáhnout vhodným umístěním solárního výměníku a především čidla v zásobníku teplé vody. Důležitou roli zde hraje i umístění náhradního zdroje tepla pro tento zásobník. Náhradní zdroj tepla - plynový kotel umožňuje dohřev teplé vody v horním výměníku zásobníku teplé vody. Dohřev teplé vody řídí regulace plynového kotle podle čidla v horní části zásobníku.

Vzhledem k možnosti dosažení vysokých teplot v zásobníku teplé vody, bude použit směšovací ventil na výstup teplé vody. Tento ventil omezí maximální výstupní teplotu teplé vody na nastavenou hodnotu.

Specifikem solární regulace pro ohřev teplé vody je ovládání náhradního zdroje tepla pro její ohřev tak, aby docházelo k maximálnímu využití solární energie dopadající na instalované zařízení. Běžný způsob regulace u jednodušších systémů je: buď svítí sluníčko a je dostatek energie pro ohřev teplé vody nebo sluníčko nesvítí a zapne se náhradní ohřev. (15)

Systém pracuje tak, že pokud dosáhne teplota na kolektorech alespoň o  $\Delta t$  °C vyšší hodnotu než je právě aktuální teplota teplé vody v zásobníku, automatika zapne oběhové čerpadlo solárního okruhu a voda v zásobníku se začne ohřívat. To se děje do okamžiku, než se hodnoty obou teplot srovnají. Po tuto dobu je odstavený náhradní zdroj tepla. Schéma měření a regulace pro nadržovaný solární systém lze vidět na obrázku B.17.



Obrázek B.17 - Schéma měření a regulace solárního systému (19)

Tabulka B.10 - Regulace

Kanály regulace		
Kanál	Popis	Připojovací svorka
COL	Teplota kolektoru	S1
TSTB	Teplota zásobníku 1 dole	S2
TSTT	Teplota zásobníku 1 nahoře	S3
TDIS	Dezinfekční teplota (Tepelná dezinfekce)	S3
S4	Teplota čidla 4	S4
TR	Teplota čidla zpátečky	S4
n1 %	Otáčky R1	R1
h P1	Provozní hodiny R1	R1
h P2	Provozní hodiny R2	R2

## B.16 Zprovoznění solární soustavy

Příprava solární instalace k naplnění musí být provedena před každým zprovozněním solárního systému. Je nutné zde věnovat pozornost několika důležitým věcem.

Důležité je zajistit panely proti přehřátí. Panely bez média, které jsou vystavené slunečnímu záření, dosahují velmi vysokých teplot. To má nepříznivý vliv na komponenty panelu a v krajních případech může způsobit jejich poškození. K zajištění panelů je nutné použít speciální plachty, které jsou odolné vůči nepříznivým vlivům počasí a UV záření.

Dále je nutné provést zkoušku těsnosti celého systému. Nejvýhodnější je kontrola instalace stlačeným vzduchem. V případě zjištění netěsností lze rychle bez nutnosti vypouštění solárního média závadu odstranit. Zkracuje to výrazně dobu nutnou pro provedení případných oprav, zlepšuje komfort práce a eliminuje ztráty kapaliny způsobené netěsnostmi. (16)

### **B.16.1 Naplnění solární soustavy**

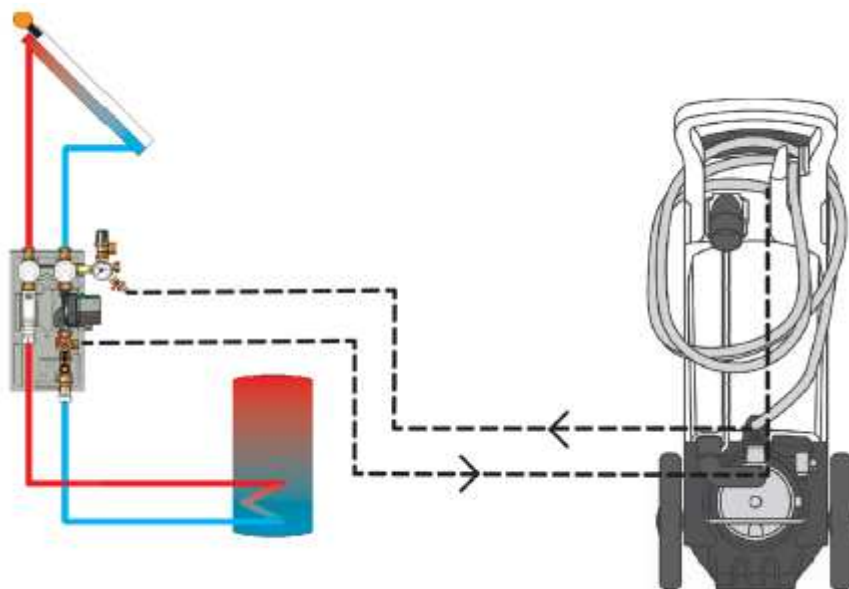
Proces plnění musí být proveden po správné přípravě instalace. Solární systém musí být naplněn kapalinou v souladu s pokyny výrobce. Čerpání kapaliny do systému je možné provádět pomocí ručního čerpadla nebo pomocí stanice pro naplňování a odvzdušňování. Použití zařízení s mechanickým čerpadlem výrazně zkracuje dobu plnění instalace.



Obrázek B.18 - Proplachovací a plnicí jednotka (18)



Obrázek B.19 - Ruční pumpička pro manuální plnění (17)



Obrázek B.20 - Příklad zapojení plnicí jednotky k solární soustavě (18)

Zprovoznění solárního systému se zahajuje nastavením tlaku na expanzní nádobě. Po nastavení tlaku je nutné ji oddělit od solární instalace. To umožní volně odvzdušnit instalaci a zabráni to úniku kapaliny do expanzní nádoby.

V závislosti na typu solární jednotky nastavíme polohu ventilů tak, aby umožňovaly průtok čerpané kapaliny solární jednotkou do kolektorů, nádrže a zpět do plnicí stanice.

Proplachování instalace musí být prováděno tak dlouho, dokud ve spirále zásobníku, kolektorech a instalaci nezůstává vzduch. Zásobník plnicí a odvzdušňovací stanice musí být naplněn minimálně ze 70%. Při příliš malém množství kapaliny mohou být vzduchové bublinky (vznikající v důsledku zpěnění vracející se kapaliny) odváděny zpět do solární instalace.

### B.16.2 Odvzdušnění solární soustavy

Automatický odvzdušňovací ventil musí být v době plnění uzavřen. Rychlejšímu odvzdušnění instalace pomáhá použití tzv. skokové metody tlaku. Princip metody spočívá ve zvyšování tlaku v instalaci (při zpětném uzavření ventilu) na maximální tlak, jaký je schopno vyvinout čerpadlo plnicí kapalinu a následně rychlým otevřením ventilu na zpátečce.

Dále je potřeba odvzdušnit separátor vzduchu a solární čerpadlo pomocí šroubu, který se nachází na tělese čerpadla.

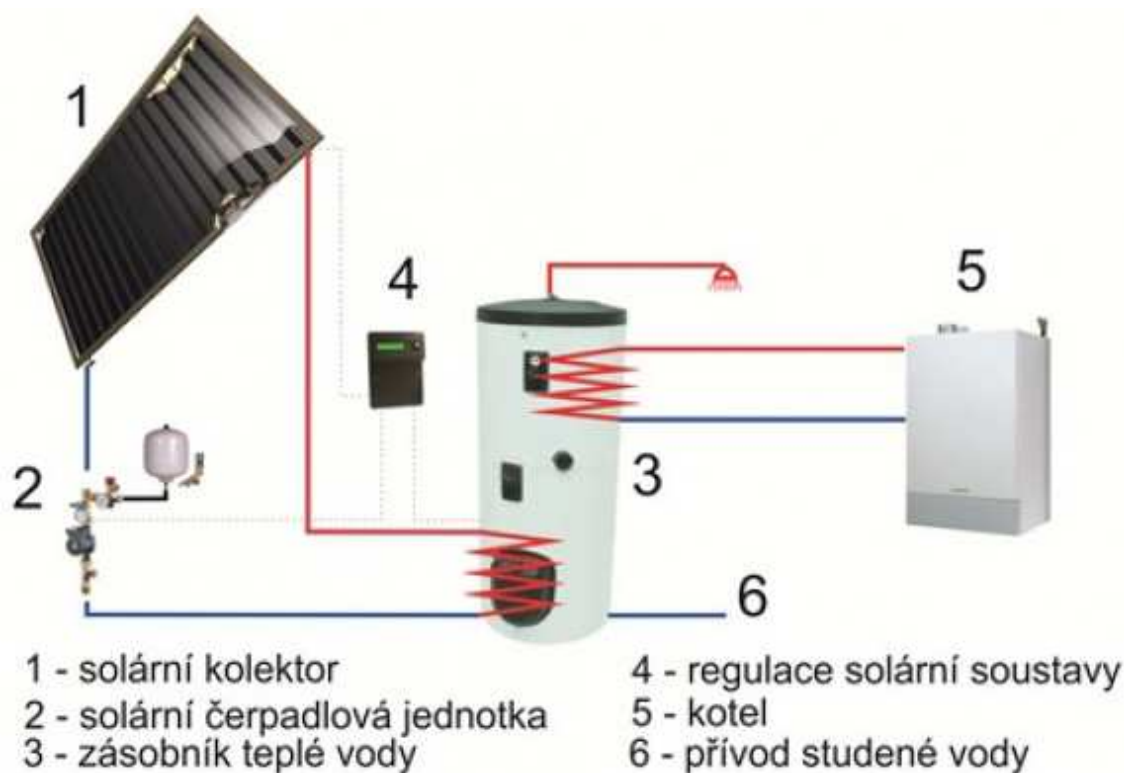
O tom, že v instalaci není žádný vzduch, bude svědčit náhlý nárůst tlaku na manometru, tichý provoz čerpadla a stabilní poloha plováku v průtokoměru.

Na závěr je potřeba otevřít ventil u expanzní nádoby a v případě potřeby propláchnout instalaci za účelem eliminace vzduchu, který by se mohl nacházet v potrubí spojujícího expanzní nádobu s instalací.

Po propláchnutí a odvzdušnění instalace je možné otevřít automatický odvzdušňovač vzduchu v nejvyšším bodě soustavy na 1-2 dny, aby mohly být odvedeny případné bublinky samotíží z instalace ven. (18)

### B.17 Schéma solárního systému pro ohřev TUV

Z jednotlivých komponent nutných pro správný chod solárního systému byla navržena solární soustava pro ohřev teplé vody. Zjednodušené schéma lze vidět na obrázku B.10.



Obrázek B.21 - Zjednodušené schéma solárního ohřevu vody (19)

### B.18 Náklady na dodávku solárního systému

Jednotlivé ceny včetně DPH komponentů nutných pro správný chod solárního systému jsou uvedeny v tabulce B.11.

Tab. B.1 - Cenová kalkulace solárního systému

P. č.	Název položky	MJ	Množství celkem	Cena jednotková	Cena celkem
1	Solární zásobník teplé vody	ks	1	42 000	42 000
2	Solární kolektory	ks	6	12 094	60 470
3	Příslušenství k solárním kolektorům	ks	10	1 044	10 440
4	Solární ovladač	ks	1	3 990	3 990
5	Solární čerpadlová jednotka	ks	1	10 878	10 878
6	Nemrznoucí kapalina	ks	2	1 131	2 262
7	Expanzní nádoba 35l	ks	1	2 033	2 033
8	Termostatický směšovací ventil	ks	1	1 250	1 250
9	Montáž čerpadla oběhového spirálního DN25 do potrubí	ks	1	121	121
10	Montáž armatury závitové s dvěma závity	ks	1	77	77
11	Montáž armatury závitové s třemi závity	ks	2	76	152
12	Montážní sada pro instalaci 3 kolektorů	soubor	2	5 917	11 834
13	Montážní sada pro rozšíření kolektorového pole	soubor	1	362	362
14	Montáž kolektorů	soubor	5	1 200	6 000
15	Potrubí pro solární rozvody	m	30	605	18 138
16	Montážní kotvy solárního potrubí - dvojvedení	soubor	2	119	238
17	Izolace vysokoteplotní	m	4	120	480
18	Tlaková zkouška + napouštění	soubor	1	2 000	2 000
19	Instalace solárního ovladače	soubor	1	450	450
20	Instalace expanzní nádrže	soubor	1	265	265
21	Montáž termostatického směšovače	soubor	1	358	358
22	Propojení se stávajícím systémem	soubor	1	789	789
23	Propojení MaR	soubor	1	4 800	4 800
				Σ	192 681 Kč

## C Energetický posudek, experimentální část

### C.1 Energetický posudek

#### Energetický posudek

Program Nová Zelená úsporám

2. Výzva pro bytové domy

Oblast podpory C. 3. 1

Název posudku: Návrh solárně termického zařízení pro ohřev teplé vody

Místo objektu: Jiráskova 859, 666 01, Tišnov

Katastrální území: Tišnov [767379]

Č. parc.: 966

Zpracovala: Bc. Eva Šmardová

Číslo oprávnění: ---

Datum vypracování:  
31. 12. 2017

Číslo zakázky:  
Sme-1111

Evidenční číslo:  
01010.0

## **Obsah energetického posudku**

Účel zpracování energetického posudku

Identifikační údaje

Popis stávajícího stavu předmětu energetického posudku

Vyhodnocení stávajícího stavu předmětu energetického posudku

Doporučení energetického specialisty oprávněného zpracovávat energetický posudek

Management hospodaření s energií

Ekonomické vyhodnocení

Ekologické vyhodnocení

Splnění podmínek programu ro oblast C.3.1

Závěrečné stanovisko

Evidenční list energetického specialisty

Kopie dokladu o vydání oprávnění



### **C.1.1 Účel zpracování energetického posudku**

Energetický posudek je zpracován za účelem žádosti o poskytnutí podpory v rámci Programu Nová zelená úsporám v oblasti podpory C. 3. 1 - Instalace solárních termických systémů.

Cílem posudku je minimalizace energetické náročnosti budovy na přípravu teplé vody minimálně o 40% úsporným opatřením - solárními kolektory a splnění požadavků dotačního programu.

Zatřídění dle zákona je dle § 9a odst. 1 písm. e) zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií, posouzení proveditelnosti projektů týkajících se snižování energetické náročnosti budov, zvyšování účinnosti užití energie, snižování emisí ze spalovacích zdrojů znečištění nebo využití obnovitelných nebo druhotných zdrojů nebo kombinované výroby elektřiny a tepla financovaných z programů podpory ze státních, evropských finančních prostředků nebo finančních prostředků pocházejících z prodeje povolenek na emise skleníkových plynů, pokud poskytovatel podpory nestanoví s přihlédnutím k nárokům jednotlivého programu podpory jinak. (20)

### **C.1.2 Identifikační údaje**

#### **C.1.2.1 Vlastník předmětu energetického posudku**

Název nebo obchodní firma: Obec Tišnov  
Adresa: Náměstí Míru 111, 666 01, Tišnov  
IČO: 00282707

#### **C.1.2.2 Předmět energetického posudku**

Název předmětu: Návrh solárně termického zařízení pro ohřev teplé vody  
Adresa: Jiráskova 859, 666 01, Tišnov  
Katastrální území: Tišnov [767379]  
Typ objektu: Bytový dům

#### **C.1.2.3 Zpracovatel energetického posudku**

Zhotovitel: Bc. Eva Šmardová  
Datum: 18. 12. 2017

### **C.1.3 Popis stávajícího stavu předmětu energetického posudku**

Všechny údaje uvedené v tomto energetickém posudku byly získány z technické dokumentace objektu poskytnuté vlastníky energetického posudku a ohledáním objektu zpracovatelem energetického posudku za účasti majitelů vlastníků energetického posudku.

#### **C.1.3.1 Charakteristika hlavních činností předmětu energetického posudku**

Předmětem posudku je bytový dům na obrázku C.1, který se nachází v ulici Jiráskova, č. p. 859 v Tišnově, parc. č. 966. V objektu jsou celkem 4 byty a cca 12 bydlících osob.

Objekt má dvě nadzemní podlaží a jedno podzemní podlaží. Půdorysně tvoří obdélník. V podzemním podlaží se nacházejí sklepy a technická místnost. Ve dvou nadzemních podlažích se nacházejí byty, na každém patře vždy dvě bytové jednotky.

Vstup do objektu je ze severovýchodní strany jak je vidět na obrázku C.2.



Obrázek C.1 - Jižní pohled na objekt bytového domu

#### **C.1.3.2 Popis stavebního řešení objektu zaměřený na obálku budovy**

Na objektu byly v minulosti prováděny stavební úpravy vedoucí ke zlepšení tepelně technických vlastností v podobě nových plastových oken a dřevěných vstupních dveří. Obvodové zdivo objektu je původní nezateplené z cihel plných pálených tloušťky 450mm. Stropní konstrukce je tvořená keramickými dutými tvarovkami hurdis. Podlaha na terénu je nezateplená původní betonová. Strop nad sklepními

prostory je zateplen polystyrénem tloušťky 40 mm. Stropní konstrukce je zateplena polystyrénem tloušťky 100 mm.

#### **C.1.3.3 Popis technického zařízení a energetických systémů budovy**

Bytový dům má vlastní kotelnu, která je umístěna v 1. podzemním podlaží. V kotelně se nachází nový plynový kotel na zemní plyn s modulovým hořákem, který objekt vytápí a v externím zásobníku o objemu 750 l ohřívá teplou vodu. Původní kotel na tuhá paliva byl měněn v roce 2002. V rámci výměny kotle proběhla i výměna rozvodů teplé vody a vytápění.

Rozvody teplé vody jsou vedeny ve sklepních prostorech pod stropem uložené na závěsech. Pro jejich tepelnou izolaci je použit Mirelon o tloušťce 20 mm.

V objektu není významné vzduchotechnické zařízení, pouze je provedeno centrální šachtové větrání koupelen, WC a oddělený odvod z kuchyně od digestoře.

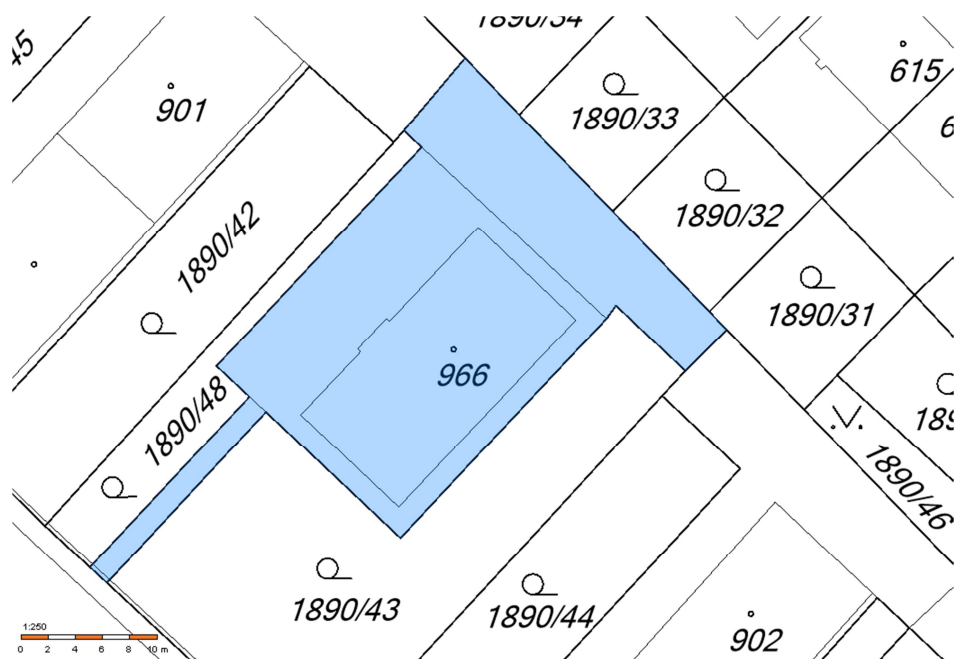
Koncovými distribučními prvky otopné soustavy jsou otopná tělesa.

#### **C.1.3.4 Situační plán**

Objekt se nachází v obci Tišnov. Objekt je natočen od 45° vůči severu.



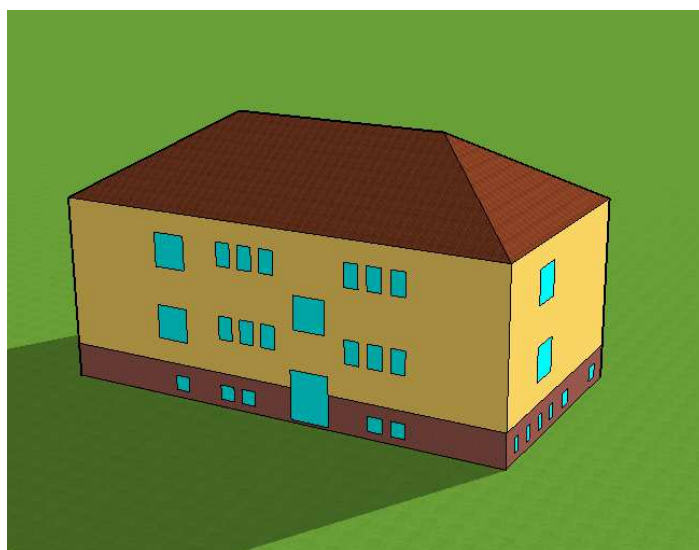
Obrázek C.2 - Foto mapa - situační plán objektu (21)



Obrázek C.3 - Katastrální mapa (1:10) (22)

#### **C.1.3.5 Schématické vyznačení rozdělení objektu do jednotlivých teplotních a provozních zón uvažovaných v energetickém hodnocení objektu a jejich stručný popis**

Pro účely energetického posudku byl návrh solárních kolektorů proveden v softwaru Deksoft, program Energetika - modul měsíční výpočet a pro ekonomické vyhodnocení navržené solární soustavy v softwaru Deksoft, v programu Varianty.



Obrázek C.4 - Schéma celého objektu

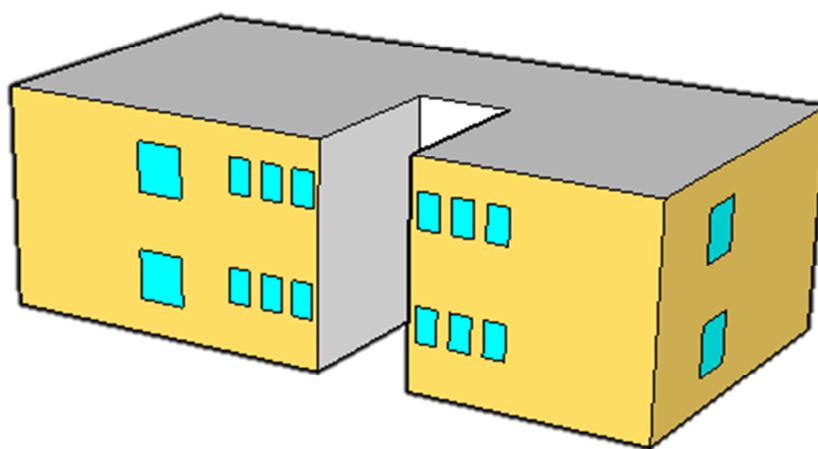
Bylo proto nutné vytvořit energetický model stávajícího i návrhového stavu. Model bytového domu byl z hlediska energetického hodnocení rozdělen na 2 zóny (viz tab. C. 1).

Sledovaná veličina pro účely energetického posudku, tj. potřeba teplé vody, je realizována pouze v zóně 1 - obytné prostory.

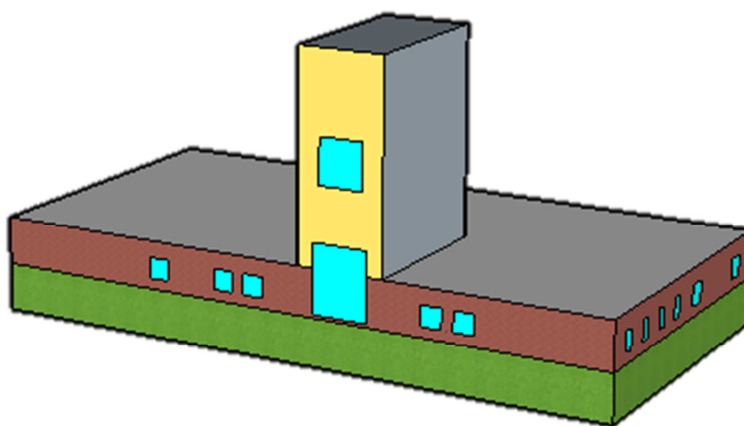
Tabulka C.1 - Zónování budovy

Zóny budovy						
Název zóny	Návrhová teplota	Vytápění	Chlazení	Teplá voda	Osvětlení	Úprava vlhkosti
Zóna 1 - Obytné prostory	20°C	ANO	NE	ANO	ANO	NE
Zóna 2 - Komunikační prostory a suterén	15°C	Temperování	NE	NE	ANO	NE

Energetický model ve 3D pro lepší odečítání ploch konstrukcí byl proveden v programu SketchUp.



Obrázek C.5 - Schéma vytápěné zóny 1



Obrázek C.6 - Schéma nevytápěné zóny 2

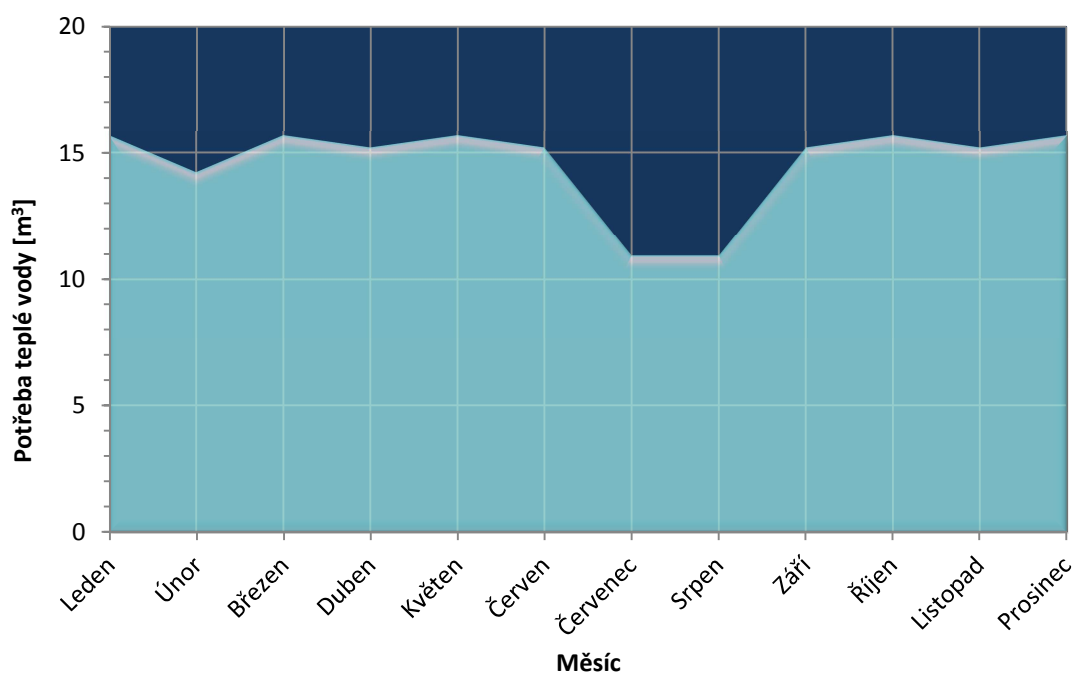
#### C.1.3.6 Profil spotřeby teplé vody

Průměrná denní spotřeba vody byla převzata z tabulky 1 uvedené v TNI 73 0302. Pro výpočet bylo uvažováno se 40 l/os, dále se třemi osobami na jeden byt. V objektu jsou celkem čtyři byty. Celková spotřeba teplé vody tak vychází na 175,2 m<sup>3</sup>/rok.

V letních měsících červenec a srpen bylo uvažováno se snížením spotřeby teplé vody o 25%.

Tabulka B.C.1 - Měsíční potřeby teplé vody

Měsíc	Počet dní v měsíci [-]	Potřeba teplé vody se snížením v měsících červenec a srpen [m <sup>3</sup> ·měs <sup>-1</sup> ]
Leden	31	15,67
Únor	28	14,23
Březen	31	15,67
Duben	30	15,19
Květen	31	15,67
Červen	30	15,19
Červenec	31	10,95
Srpen	31	10,95
Září	30	15,19
Říjen	31	15,67
Listopad	30	15,19
Prosinec	31	15,67



Obrázek C.7 - Spotřeba teplé vody

Objekt je využíván dvanácti osobami. Spotřeba teplé vody byla spočtena v části B.3.1.

Tabulka C.2 - Výpočet potřeby tepla na ohřev teplé vody

Veličina	Značka	Hodnota	Jednotka
Teplota studené vody	$T_1$	10	°C
Teplota ohřáté vody	$T_2$	55	°C
Celková potřeba teplé vody na 1 den	$V_{2p}$	12 x 40 l = 480	l/den
Měrná hmotnost vody	$\rho$	999,7	kg/m <sup>3</sup>
Měrná tepelná kapacita vody	$C$	4180	J/kg·K
Koeficient energetických ztrát systému	$z$	0,3	-
Počet pracovních dní soustavy	$N$	365	Dní

Roční potřeba tepla na ohřev TUV vypočtená dle TNI 73 0302:2014 je

$$Q_{TUV,r} = 11\,896,89 \text{ kWh/rok} = 11,897 \text{ Mwh/rok.}$$



### C.1.3.7 Údaje o energetických vstupech

Pro účely výpočtu úspor v energetickém posudku bylo uvažováno s následujícími cenami:

#### Elektrické energie

E.ON Distribuce, a.s.

Cena elektřiny 3,0 Kč/ kWh vč. DPH.

#### Zemního plynu

RWE GasNet, s.r.o.

Cena zemního plynu 1,6 Kč/ kWh vč. DPH.

Tabulka C.3 - Soupis základních údajů o energetických vstupech pro stávající stav dle přílohy č. 2 k vyhlášce č. 480/2012 Sb.

Pro rok: před realizací projektu					
Vstupy paliv a energie	Jednotka	Množství	Výhřevnost GJ/jednotku	Přepočet na MWh	Roční náklady v tis. Kč
Elektřina	MWh	1,6	3,6	1,6	4,9
Teplo	GJ	-	-	-	-
Zemní plyn	MWh	71,2	3,6	71,2	113,9
Jiné plyny	MWh	-	-	-	-
Hnědé uhlí	t	-	-	-	-
Černé uhlí	t	-	-	-	-
Koks	t	-	-	-	-
Jiná pevná paliva	t	-	-	-	-
TO	t	-	-	-	-
TOEL	t	-	-	-	-
Druhotné zdroje <sup>1)</sup>	GJ	-	-	-	-
Obnovitelné zdroje <sup>2)</sup>	GJ/MWh	-	-	-	-
Jiná paliva	GJ	-	-	-	-
Celkem vstupy paliv a energie				72,8	118,8
Změna stavu zásob paliv (inventarizace)				0,0	0,0
Celkem spotřeba paliv a energie				72,8	118,8
Vysvětlivky:					
<sup>1)</sup> Druhotné zdroje a jejich podíl na užití energie budou uvedeny samostatně.					
<sup>2)</sup> Obnovitelné zdroje a jejich podíl na užití v budově budou uvedeny samostatně.					



Následující tabulky obsahují základní ukazatele vlastních energetických zdrojů a roční bilanci výroby energie z vlastních zdrojů včetně vyhodnocení účinnosti užití energie ve zdrojích.

Tabulka C.4 - Roční bilance výroby z vlastního zdroje energie (kotel na zemní plyn)

ř.	Název ukazatele	Jednotka	Hodnota
1	Instalovaný elektrický výkon celkem	(MW)	-
2	Instalovaný tepelný výkon celkem	(MW)	0,035
3	Výroba elektřiny	(MWh)	-
4	Prodej elektřiny	(MWh)	-
5	Vlastní technologická spotřeba elektřiny na výrobu elektřiny	(MWh)	-
6	Spotřeba energie v palivu na výrobu elektřiny	(GJ/r)	0,000
7	Výroba tepla	(GJ/r)	198,840
8	Dodávka tepla	(GJ/r)	198,840
9	Prodej tepla	(GJ/r)	-
10	Vlastní technologická spotřeba tepla na výrobu tepla	(GJ/r)	-
11	Spotřeba energie v palivu na výrobu tepla	(GJ/r)	256,237
12	Spotřeba energie v palivu celkem	(GJ/r)	256,237

Tabulka C.5 - Technické ukazatele vlastního zdroje energie (kotel na plyn)

ř.	Název ukazatele	Jednotka	Hodnota
1	Roční celková účinnost zdroje [z tabulky 3 - (ř.3 x 3,6 + ř.7) : ř.12]	(%)	77,6
2	Roční účinnost výroby elektrické energie [z tabulky 3 - ř.3 x 3,6 : ř.6]	(%)	-
3	Roční účinnost výroby tepla [z tabulky 3) - ř.7 : ř.11]	(%)	77,6
4	Spotřeba energie v palivu na výrobu elektřiny [z tabulky 3 - ř.6 : ř.3]	(GJ/MWh)	-
5	Spotřeba energie v palivu na výrobu tepla [z tabulky 3 - ř.11 : ř.7]	(GJ/GJ)	1,3
6	Roční využití instalovaného elektrického výkonu [z tabulky 3 - ř.3 : ř.1]	(hod)	-
7	Roční využití instalovaného tepelného výkonu [z tabulky 3 - (ř.7 : 3,6) : ř.2]	(hod)	1 578,1

#### C.1.4 Vyhodnocení stávajícího stavu předmětu energetického posudku

Energetická bilance bude zpracována na základě předpokládané možné spotřeby zemního plynu a elektřiny. Výpočet energetické náročnosti je proveden pomocí aplikace ENERGETIKA (DEKSOFT), modul MĚSÍČNÍ VÝPOČET.

Výpočet vychází z následujících klimatických podmínek. Údaje byly převzaty z TNI 73 0331.

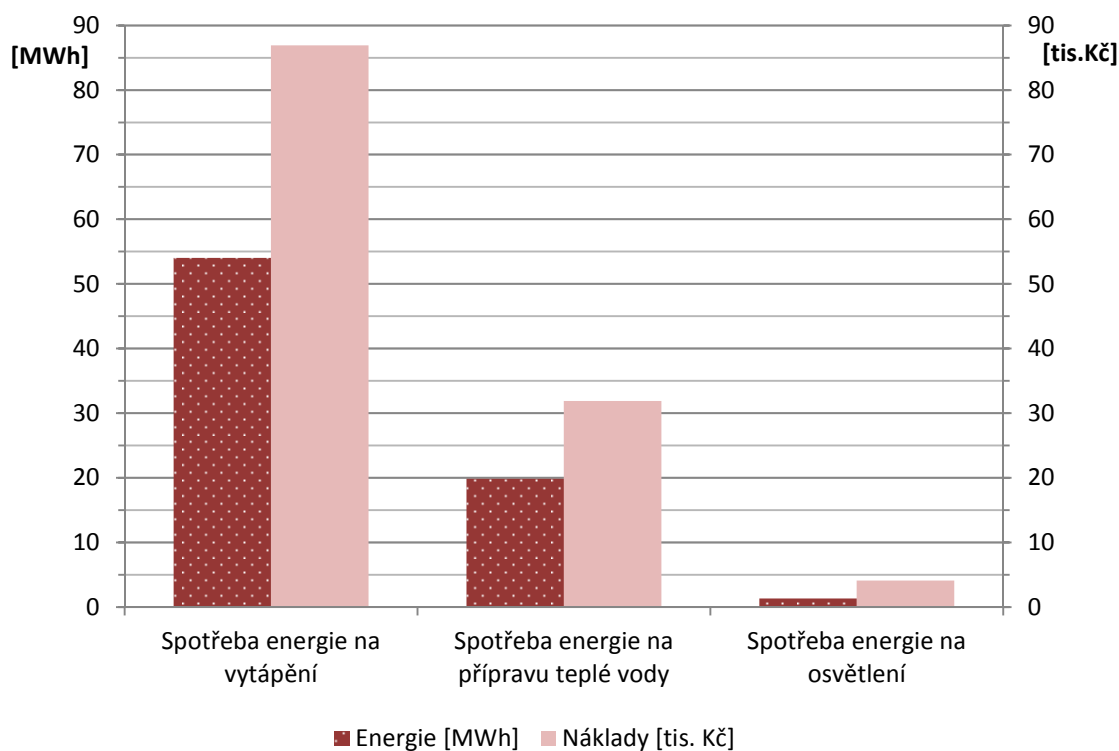
- Nadmořská výška objektu: 285 m n. m.
- Průměrný počet dní v topném období: 270 dní
- Průměrná venkovní teplota v období topné sezóny: 8,4 °C
- Venkovní výpočtová teplota pro zimní období: -15 °C
- 

Tabulka C.6 - Exteriérové okrajové podmínky dle TNI 730331

Měsíc	Veličina		
	Průměrná teplota v exteriéru	Intenzita slunečního záření na horizontální rovinu	Průměrná relativní vlhkost v exteriéru
	°C	kWh/m <sup>2</sup>	%
Leden	-1,3	28,3	83,1
Únor	-0,1	47,0	80,1
Březen	3,7	84,1	73,4
Duben	8,1	123,1	66,2
Květen	13,3	151,0	66,6
Červen	16,1	146,2	68,4
Červenec	18,0	143,6	67,1
Srpen	17,9	145,1	67,4
Září	13,5	96,5	73,5
Říjen	8,3	71,4	79,4
Listopad	3,2	35,3	85,0
Prosinec	0,5	22,3	85,3
Průměr	8,4	91,2	74,6

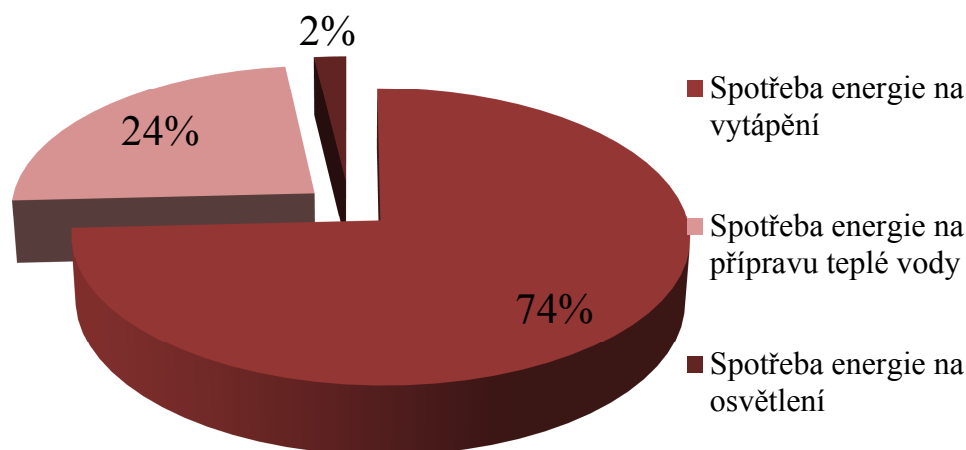
Tabulka C.7 - Energetická roční bilance stávajícího stavu

ř.	Ukazatel	Energie		Náklady (tis. Kč)
		(GJ)	(MWh)	
1	Vstup paliv a energie	262,1	72,8	118,8
2	Změna zásob paliv	0	0	0
3	Spotřeba paliv a energie (ř.1 + ř.2)	262,1	72,8	118,8
4	Prodej energie cizím	0	0	0
5	Konečná spotřeba paliv a energie (ř.3 - ř.4)	262,1	72,8	118,8
6	Ztráty ve vlastním zdroji a rozvodech energie (z ř.5)	111,9	31,1	49,9
7	Spotřeba energie na vytápění (z ř.5)	194,7	54,1	86,9
8	Spotřeba energie na chlazení (z ř. 5)	0	0	0
9	Spotřeba energie na přípravu teplé vody (z ř.5)	62,5	17,4	27,8
10	Spotřeba energie na větrání (z ř.5)	0	0	0
11	Spotřeba energie na úpravu vlhkosti (z ř.5)	0	0	0
12	Spotřeba energie na osvětlení (z ř.5)	5	1,4	4,1
13	Spotřeba energie na technologické a ostatní procesy (z ř. 5)	0	0	0



Obrázek C.8 - Graf nákladů a energií

Z grafu na obrázku C.9 vyplívá, že spotřeba energie na přípravu teplé vody činí téměř jednu čtvrtinu celkové spotřebované energie. Potenciál energetického opatření je v alternativním zdroji tepla, a to v solárním termickém systému pro přípravu teplé vody.



Obrázek C.9 - Dodaná dílčí energie

### **C.1.5 Doporučení energetického specialisty oprávněného zpracovávat energetický posudek**

Pro snížení energetické náročnosti budovy je navržen solární systém. Dimenzování navržené solární soustavy a samotný výpočet byl proveden v souladu dle TNI 73 0302:2014 Energetické hodnocení solárních tepelných soustav - Zjednodušený výpočtový postup. Při návrhu solární soustavy bylo uvažováno její využití k ohřevu teplé vody.

#### **C.1.5.1 Popis posuzovaného návrhu**

Solární systém je navržen jako hlavní zdroj pro ohřev teplé vody. Pro případ, kdy solární systém nebude stačit ohřívat veškerou teplou vodu, bude soustava napojena na stávající doplňkový zdroj tepla. Doplňkovým zdrojem tepla bude stávající zdroj - plynový kotel.

Velikost energetických zisků solárního systému je závislá na typu, účinnosti solárních kolektorů a jejich schopnosti absorbovat co největší spektra solárního záření.

Pomocí nemrznoucí teplotnosné kapaliny je absorbovaná tepelná energie z kolektorového pole dopravována do instalované nádrže.

Solární regulační technika snímá teploty v jednotlivých místech a automaticky řídí celý systém. Solární systém pracuje celoročně automaticky, s možností dálkového monitoringu.

Na základě potřeby teplé vody uvedené v tabulce B.1 byl proveden návrh solárního systému.

Navrženo bylo celkem šest solárních kolektorů Sung Wing T4 Cu s absorberem ze speciální měděné slitiny s vysoce selektivním povrchem. Podrobnosti solárních kolektorů jsou uvedené v tabulce B.4. Solární kolektory budou instalované na střeše s taškami se sklonem  $32^\circ$ . Vzhledem k orientaci budovy, se jeví umístění solárních kolektorů ideální na jihovýchodní stranu. Celkem bude instalováno šest kusů panelů, zapojených sériově. Rozmístění solárních kolektorů na střeše je uvedeno v příloze č.1.

Rozvody solárního systému budou vedeny ze střechy, přes chodbu kde je vedeno do podzemního podlaží a pod stropem dále do kotelny umístěné v přízemí.

Veškeré zařízení kromě samotných solárních kolektorů bude umístěno v kotelně. Součástí solárního systému je solární zásobník teplé vody s objemem 750 l.

Jak uvádí norma TNI 7303 02 teoretický měsíční využitelný tepelný zisk ze solárních kolektorů  $Q_{k,u}$  [kWh/měs] zohledňuje skutečnou denní dávku slunečního ozáření  $H_{T,den}$  a srážky tepelných zisků z kolektoru vlivem tepelných ztrát solární soustavy (rozvody, solární zásobník). Denní dávka slunečního ozáření  $H_{T,den}$  kWh/m<sup>2</sup>den (zohledňuje různé sklony a orientace plochy kolektorů). Předpokládá se orientace kolektorů na jihozápad odklon od jihu  $30^\circ$  a sklon kolektorové plochy cca  $45^\circ$ . Pro stanovení střední denní účinnosti solárních kolektorů  $G_{T,den}$  [W/m<sup>2</sup>] byla zvolena oblast venkov a stejná orientace sklon kolektorové ploch.

Využitelné zisky ze solární soustavy  $Q_{ss,u}$  [kWh/měs] se pak stanovují jako minimální hodnoty z teoretických tepelných zisků solárních kolektorů a celkové potřeby tepla v jednotlivých měsících.

Tabulka C.8 - Bilancování solární soustavy

Měsíc	Potřeba tepla na přípravu teplé vody $Q_{p,TV}$	Teoretický zisk ze solárních kolektorů $Q_{k,u}$	Teplo využitě ze solárních kolektorů $Q_{s,s,u}$	Teplo nevyužitě ze solárních kolektorů	Teplo nutné dodat z bivalentního zdroje
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Leden	1 064	84	84	0	980
Únor	966	187	187	0	779
Březen	1 064	417	417	0	647
Duben	1 031	682	682	0	349
Květen	1 064	914	914	0	150
Červen	1 031	916	916	0	115
Červenec	744	918	744	175	0
Srpen	744	928	744	184	0
Září	1 031	575	575	0	456
Říjen	1 064	365	365	0	698
Listopad	1 031	135	135	0	897
Prosinec	1 064	62	62	0	1002
Celkem	11 897	6 182	5823	359	6074

Parametry navržené solární soustavy shrnuté jako podklad pro vyplnění krycího listu, který je nutné dodat k žádosti o dotace v programu Nová Zelená úsporám pro bytové domy, oblast C.3.1.

Tabulka C.9 - Podklad při vyplnění krycího listu

Název systému – typové označení	Solární plochý kolektor Sun Wing T4 Cu 2,2	Kód SVT	7613
Celková výroba tepla ze solárního kolektoru (předpokládaný celkový zisk)	[kWh/rok]	5 823	
Celková absorpční plocha	[m <sup>2</sup> ]	12,60	
Měrný využitelný zisk solárního systému na připojenou bytovou jednotku $q_{ss,u}$	[kWh/(rok·b.j.)]	1 456	

#### **C.1.5.2 Roční úspory v MWh po realizaci posuzovaného objektu**

Energetické úspory, které vzniknou realizací navrženého opatření, tedy instalací solárního termického systému pro přípravu teplé vody, jsou shrnuty v tabulce C.10.

Tabulka C.10 - Roční úspory energie na přípravu teplé vody

	Spotřeba v MWh/rok před realizací objektu	Spotřeba v MWh/rok po realizaci objektu	Uspořená energie v MWh/rok
Za 1 rok	17,4	13,9	3,5

#### **C.1.5.3 Náklady v tisících Kč/rok na realizaci posuzovaného návrhu**

Uznatelné náklady na realizaci solárního systému a jednotlivých komponent je v nahlédnutí v tabulce B.11 - Cenová kalkulace solárního systému.

#### **C.1.5.4 Upravená energetická bilanci pro posuzovaný návrh**

Upravená roční energetická bilance pro opatření v rámci úspory energie na přípravu teplé vody lze vyčíst z tabulky C.10.

Tabulka C.11 - Upravená energetická bilance

ř.	Ukazatel	Před realizací projektu			Po realizaci projektu		
		Energie		Náklady	Energie		Náklady
		(GJ)	(MWh)	(tis. Kč)	(GJ)	(MWh)	(tis. Kč)
1	Vstup paliv a energie	262,1	72,8	118,8	250,2	69,5	103,4
2	Změna zásob paliv	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	Spotřeba paliv a energie (ř.1 + ř.2)	262,1	72,8	118,8	250,2	69,5	103,4
4	Prodej energie cizím	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	Konečná spotřeba paliv a energie (ř.3 - ř.4)	262,1	72,8	118,8	250,2	69,5	103,4
6	Ztráty ve vlastním zdroji a rozvodech energie (z ř.5)	111,9	31,1	49,9	99,6	27,7	41,7
7	Spotřeba energie na vytápění (z ř.5)	194,7	54,1	86,9	194,7	54,1	86,9
8	Spotřeba energie na chlazení (z ř. 5)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	Spotřeba energie na přípravu teplé vody (z ř.5)	62,5	17,4	27,8	50,1	13,9	12,1
10	Spotřeba energie na větrání (z ř.5)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	Spotřeba energie na úpravu vlhkosti (z ř.5)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	Spotřeba energie na osvětlení (z ř.5)	5,0	1,4	4,1	5,0	1,4	4,1
13	Spotřeba energie na technologické a ostatní procesy (z ř. 5)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

#### C.1.5.5 Roční úspory energie po realizaci posuzovaného návrhu

Roční úspory lze vyčíslit z tabulky C.11.

Tabulka C.12 - Vyhodnocení podporovaných opatření

	Před realizací objektu Náklady (tis. Kč vč. DPH)	Po realizaci objektu Náklady (tis. Kč vč. DPH)	Rozdíl Náklady (tis. Kč vč. DPH)
Za 1 rok	118,8	103,4	15,4



### C.1.6 Management hospodaření s energií

Cílem energetického managementu je řízení spotřeby energie za účelem dlouhodobého snižování dopadů na životní prostředí, jehož významným vedlejším efektem je snižování provozních nákladů. Samotné provedení investičních opatření pro snížení energetické náročnosti (např. zateplení, výměna oken či instalace solárních systému) ještě nezaručuje dlouhodobě udržitelné a požadované nebo optimální snížení spotřeby energie. Teprve ve spojení s opatřeními, jako je regulace solárního systému, přizpůsobení technologických zařízení provozu novému stavu budovy a zavedení nebo úprava energetického managementu je možné tento optimální stav zajistit.

Energetický management je soubor opatření a činností, jejichž cílem je efektivní řízení snižování spotřeby energie. Jedná se o uzavřený cyklický proces neustálého zlepšování energetického hospodářství. Podle normy ČSN EN ISO 50001:2012 je energetický management založen na principu neustálého zlepšování formulovaného pomocí 4 základních činností (PDCA): Plánuj – Dělej – Kontroluj – Jednej (z anglického: Plan – Do – Check – Act). Na základě tohoto principu lze pro každou organizaci (potažmo budovu) nastavit individuálně energetický management s cílem postupného dosahování úspor energie, ale také ostatních provozních nákladů a případně také zlepšení organizace práce.

Jedná se o uzavřený cyklický proces neustálého zlepšování energetického hospodářství, který se (bez ohledu na velikost organizace) skládá zejména z těchto činností:

- Měření a zaznamenávání spotřeby energie (data alespoň v měsíční podrobnosti)
- Stanovení potenciálu úspor energie - stanovení výchozího stavu (přezkum spotřeby)
- Realizace opatření na základě plánu
- Vyhodnocování spotřeby energie a účinnosti realizovaných opatření
- Porovnávání velikosti úspor předpokládaných a skutečně dosažených
- Tvorba a aktualizace energetických koncepcí, energetických (akčních) plánů

U řešeného objektu provozovateli objektu doporučuji v rámci energetického managementu řešit:

- Pravidelnou evidenci spotřeb energií a jejich vyhodnocování (posuzování vhodnosti sazby za odběr elektrické energie, stanovení příčin případné zvýšené spotřeby, atd.)
- Instalaci samotného měření tepla a TV

- Nepřetápět prostory - udržovat teplotu v daných prostorech na přiměřené úrovni
- Vyvarovat se nadměrného nekontrolovaného větrání (trvale otevřená nebo nedovřená okna se současným přetápěním)
- Uvážlivě hospodařit s teplou vodou
- Dodržovat vhodný režim větrání
- Uvážlivě užívat elektrické spotřebiče včetně osvětlení

### **C.1.7 Ekonomické vyhodnocení**

#### **C.1.7.1 Metody hodnocení**

Ekonomické vyhodnocení je prováděno bez uvažování dotací či úvěru, tedy s vlastními investičními prostředky. Ekonomické vyhodnocení je vždy provedeno dle životnosti opatření, které ji má v dané variantě nejdelší. U opatření s kratší životností se ve výpočtu uvažují náklady na jejich obnovu, dokud není dosaženo uvažované nejdelší životnosti.

Ekonomická analýza pro posuzovaný objekt se zabývá vyhodnocením energetických opatření na úsporu energie. Cílem ekonomické analýzy je zjistit vhodnost realizace jednotlivých opatření z ekonomického hlediska.

Ekonomická analýza se provádí na základě několika kritérií, z nichž nejdůležitější je současná hodnota v podobě diskontovaného toku hotovosti za dobu životnosti. Při zpracování ekonomické analýzy jsou obvykle základní vstupní údaje na jedné straně příjmové položky (obvykle v podobě úspory za energie) a na druhé straně výdajové položky (v podobě nákladů vynaložených na realizaci opatření).

Vstupní údaje pro ekonomickou analýzu jsou získávány takto:

- Výše nákladů jsou vypočteny na základě cenové informace výrobců, montážních firem a dodavatelských firem, informací zveřejněných na internetu a vlastních zkušeností.
- Výše úspor energie je stanovena na základě aktuálních cen energetických společností. Úspory jsou chápány jako rozdíl výdajů za energie v případě, že k realizaci navrhovaných opatření nedojde a v případě, že opatření realizována budou. Jako základ pro výpočet úspor tedy slouží současný stav a příslušné provozní výdaje, tak jak je uvedeno v korigovaných energetických bilancích navrhovaného stavu.
- Při zpracování ekonomické analýzy je nutné stanovit další doplňkové vstupní údaje, jako jsou doba porovnání, diskontní míra, cenový vývoj.

### C.1.7.2 Diskontní míra

Pro ocenění hodnoty prostředků vydaných nebo přijatých v budoucnu se často pracuje s převodem na současnou hodnotu. Diskontní míra je prostředek, který tento převod umožňuje. Jde o určitou formu vyjádření meziroční hodnotové změny úrokové míry a dalších faktorů a také se jí vyjadřuje míra, jak je organizace (vlastník předmětu energetického posudku) schopna zúročit peníze. U hodnoceného typu budovy se přílišné zúročování peněz nepředpokládá. Bude uvažována diskontní míra 4%.

Hodnota diskontovaná (časově přepočtená) do současnosti:

$$SH = \frac{BH}{(1 + i)^n} \quad (23)$$

kde

BH ..... Budoucí hodnota

i ..... Úroková (diskontní) míra za jedno období

n ..... Počet období [roky]

Doba porovnávání byla uvažována 20 let.

### C.1.7.3 Čistá současná hodnota NPV

Základem pro určení čisté současně hodnoty je určení toku hotovosti. Toky hotovosti (Cash-Flow) jsou rozdílem příjmů a výdajů spojených s projektem v jednotlivých letech. Toky hotovosti v sobě zahrnují všechny hodnotové změny během života projektu. Pro hodnocení toku hotovosti se tyto upravují převodem z budoucích hodnot do současnosti.

Hodnoty jsou zpravidla převedeny do období, kdy dochází k vynaložení největších investic. Takto převedená hodnota se nazývá současná hodnota. Průběžné pokrytí investic a dalších výdajů a příjmů vyjadřuje kumulovaný tok hotovosti, kdy se jednotlivé roční hodnoty průběžně sčítají a představují skutečný stav u realizovaného opatření v příslušném roce. Pokud je hodnota kumulovaného toku hotovosti v daném roce záporná, nedošlo v tomto období k pokrytí výdajů projektu jeho příjmy. Hodnota diskontovaného kumulovaného toku hotovosti v posledním roce se označuje NPV. Čím vyšší je hodnota NPV, tím je opatření ekonomicky výhodnější. Pokud je

hodnota NPV záporná, opatření nelze za daných podmínek realizovat. NPV se dopočte dle vztahu:

$$NPV = \sum_{t=1}^{T_z} CF_t \cdot (1 + r)^{-t} - IN \quad (24)$$

kde

$T_z$  ..... Je doba životnosti (hodnocení) projektu [roky]

$CF_t$  ..... Jsou roční přínosy projektu (změna peněžních toků po realizaci projektu) [tis. Kč]

$r$  ..... Je diskont

$(1 + r)^{-t}$  ..... Je odúročitel

$IN$  ..... Jsou investiční výdaje projektu [tis. Kč]

#### C.1.7.4 Vnitřní výnosové procento IRR

Vnitřní výnosové procento představuje hodnotu úrokové míry v procentech, při které hodnota NPV = 0. Tento ukazatel je užitečný jako měřítko efektivnosti investic. Stačí jej porovnat s úrovní úrokových měr na finančním trhu a investor vidí, zda je vhodné do příslušné varianty investovat podle vztahu:

$$\sum_{t=1}^{T_z} CF_t \cdot (1 + IRR)^{-t} - IN = 0 \quad (25)$$

#### C.1.7.5 Reálná doba návratnosti

Reálná doba návratnosti  $T_{sd}$ , doba splacení investice za předpokladu diskontní sazby se vypočte z podmínky:

$$\sum_{t=1}^{T_{sd}} CF_t \cdot (1 + r)^{-t} - IN = 0 \quad (26)$$

Výsledky ekonomického vyhodnocení se uvádí v následující tabulce C.13.

Tabulka C.13 - Vyhodnocení posuzovaného návrhu - solární kolektory

Parametr	Jednotka	Výchozí stav	Solární kolektory
Přínosy projektu celkem	(Kč)	-	15 350
z toho tržba za teplo a elektřinu	(Kč)	-	0
Investiční výdaje projektu	(Kč)	-	202 681
z toho			
náklady na přípravu projektu	(Kč)	-	10 000
náklady na technologická zařízení a stavbu	(Kč)	-	192 681
náklady na přípojky	(Kč)	-	0
Provozní náklady celkem	(Kč)	118 791	103 441
z toho			
náklady na energii	(Kč)	118 791	103 441
náklady na opravu a údržbu <sup>1)</sup>	(Kč)	0	0
osobní náklady (mzdy, pojistné)	(Kč)	0	0
ostatní provozní náklady <sup>2)</sup>	(Kč)	0	0
náklady na emise a odpady	(Kč)	0	0
Změna tržeb (za teplo, elektřinu, využití odpady)	(Kč)	0	0
Přínosy projektu celkem	(Kč)	0	15 350
Doba hodnocení	(roky)	-	20
Roční růst cen energie	(%)	-	3
Diskont <sup>3)</sup>	(%)	-	4
$T_s$ - prostá doba návratnosti	(roky)		14
$T_{sd}$ - reálná doba návratnosti	(roky)	-	16
NPV - čistá současná hodnota	(tis. Kč)	-	62
IRR - vnitřní výnosové procento	(%)	-	7,06
Vysvětlivky:			
<sup>1)</sup> Náklady obsahují zejména náklady na materiál, opravy zařízení, plánovanou a preventivní údržbu.			
<sup>2)</sup> Náklady obsahují zejména náklady na obsluhu, servis a revizi zařízení.			
<sup>3)</sup> Pro energetické posudky podle §9a odst. 1 písm. E) zákona se stanovuje hodnota diskontního činitele ve výši 1.04 (tedy 4 %).			

### C.1.8 Ekologické vyhodnocení

Způsob ekologického vyhodnocení se provádí metodou globálního hodnocení.

Globální hodnocení je prováděno na bázi celospolečenského pohledu. Při změně dodávek energie, která je vyráběna v jiném místě, jsou do výpočtu zahrnuty emisní faktory vycházející, buď z konkrétních, nebo průměrných údajů o produkovaných znečišťujících látkách.

Ekologické hodnocení bylo provedeno pro stávající stav a návrhový stav, do kterého byl zahrnut návrh solárních kolektorů pro ohřev teplé vody.

Množství emisí se staví jako součin aktuálního emisního faktoru zveřejněného pro odpovídající skupinu stacionárních zdrojů ve Věstníku Ministerstva životního prostředí z roku 2017 a počtu jednotek příslušné vztažné veličiny za rok.

Tabulka C.14 - Emisní faktory

Znečišťující látka	Elektřina	Zemní plyn
	g/kWh	g/kWh
Tuhé znečišťující látky	0,0368	0,000654
SO <sub>2</sub>	0,8412	0,000003
NO <sub>x</sub>	0,5676	0,056398
VOC	0,0025	0,0001
PM <sub>10</sub>	0,0313	0,0001
PM <sub>2.5</sub>	0,2210	0,0001
NH <sub>3</sub>	0	0,0001

Hodnoty spotřeb dílčích energií, které se v objektu nachází, byly převzaty z průkazů energetické náročnosti budovy ve stávajícím stavu a v návrhovém stavu. Protokoly z PENB v obou stavech se nacházejí v přílohách č. 2 a č. 3.

Tabulka C.15 - Přehled dílčích spotřebovaných energií

Spotřeba - stávající stav [kWh/rok]		Spotřeba - návrhový stav [kWh/rok]	
Elektřina	Zemní plyn	Elektřina	Zemní plyn
1 635,93	71 176,84	1 736,33	61 394,73

Tabulka C.16 - Emise pro výchozí stav

Znečišťující látka	Elektřina	Zemní plyn	Celkem
	(t/rok)	(t/rok)	(t/rok)
Tuhé znečišťující látky	0,000060	0,000047	0,000107
SO <sub>2</sub>	0,001376	0,000000	0,001376
NO <sub>x</sub>	0,000929	0,004014	0,004943
VOC	0,000004	0,000007	0,000011
PM <sub>10</sub>	0,000051	0,000007	0,000058
PM <sub>2,5</sub>	0,000362	0,000007	0,000369
NH <sub>3</sub>	0,000000	0,000007	0,000007

Tabulka C.17 - Emise pro návrhový stav

Znečišťující látka	Elektřina	Zemní plyn	Celkem
	(t/rok)	(t/rok)	(t/rok)
Tuhé znečišťující látky	0,000111	0,000040	0,000151
SO <sub>2</sub>	0,001461	0,000000	0,001461
NO <sub>x</sub>	0,000986	0,003463	0,004448
VOC	0,000004	0,000006	0,000010
PM <sub>10</sub>	0,000054	0,000006	0,000060
PM <sub>2,5</sub>	0,000384	0,000006	0,000390
NH <sub>3</sub>	0,000000	0,000006	0,000006

Tabulka C.18 - Ekologického vyhodnocení výchozího a návrhového stavu

Znečišťující látka	Výchozí stav	Návrhový stav	Rozdíl
	(t/rok)	(t/rok)	(t/rok)
Tuhé znečišťující látky	0,000107	0,000151	-0,000044
SO <sub>2</sub>	0,001376	0,001461	-0,000084
NO <sub>x</sub>	0,004943	0,004448	0,000495
VOC	0,000011	0,000010	0,000001
PM <sub>10</sub>	0,000058	0,000060	-0,000002
PM <sub>2,5</sub>	0,000369	0,000390	-0,000021
NH <sub>3</sub>	0,000007	0,000006	0,000001

### C.1.8.1 Výpočet emisí oxidu uhličitého

Emisní faktory uhlíku uvádí množství uhlíku, respektive oxidu uhličitého připadajícího na jednotku energie ve spalovaném palivu. Emisní faktory uhlíku jsou definovány buď jako všeobecné nebo místně specifické.

Tabulka C.19 - Všeobecné emisní faktory oxidu uhličitého z Vyhlášky č.480/2012 Sb.

Zemní plyn	0,199440 t CO <sub>2</sub> /MWh výhřevnosti paliva
Elektřina	1,0116 t CO <sub>2</sub> /MWh elektřiny

Tabulka C.20 - Globální vyhodnocení CO<sub>2</sub>

Znečišťující látka	Výchozí stav	Posuzovaný návrh	Rozdíl	
	t/rok	t/rok	t/rok	%
CO <sub>2</sub>	15,850416	14,001036	1,849379	11,67

### C.1.9 Splnění podmínek programu pro oblast C.3.1

U solárních systému, které slouží na přípravu teplé vody se splnění podmínek hodnotí dle vypočteného měrného využitelného solárního zisku na připojenou bytovou jednotku a měrného objemu akumulčního zásobníku tepla vztaženého k celkové ploše apertury.

Tabulka C.21 - Vyhodnocení splnění požadavků programu

Ukazatel	Označení [jednotky]	Požadovaná hodnota	Vypočtená hodnota	Splnění podmínek dotace
Měrný využitelný zisk solárního systému na připojenou bytovou jednotku (b.j.)	$Q_{ss,u}$ [kWh/rok·b.j.]	$\geq 600$	<b>1456</b>	<b>ANO</b>
Instalace akumulčního zásobníku tepla o měrném objemu vztaženém k celkové ploše apertury	[l/m <sup>2</sup> ]	$\geq 45$	<b>59,52</b>	<b>ANO</b>

Navržená solární soustava splňuje podmínky pro získání dotací pro oblast C.3.1 Solárně termické systémy užívané pro ohřev teplé vody. Solární pokrytí (teoretický podíl solární soustavy na přípravu teplé vody) činí 49%.



Instalované solární termické kolektory musí být zapsané v Seznamu výrobků a technologií (SVT) a firma, která bude instalaci provádět, musí být zaregistrována do Seznamu odborných dodavatelů (SOD). Oba seznamy vede Státní fond životního prostředí a jsou k dispozici na webových stránkách programu Zelená úsporám [www.zelenausporam.cz](http://www.zelenausporam.cz).

#### C.1.10 Závěrečné stanovisko

Na základě ekologického, energetického i ekonomického hodnocení se navržená solární soustava jeví jako přínosná. Jednotlivé výstupy jsou shrnuty v tabulce C.22.

Tabulka C.22 - Závěrečné vyhodnocení navrhovaného opatření

Název ukazatele	Jednotky	Hodnota
Investiční náklady na technologická zařízení	Kč	192 681
Investiční náklady na projekt	Kč	10 000
Roční přínos navrženého opatření	Kč/rok	15 350
Roční úspora energií	t/rok	0,000344
Roční úspora CO <sub>2</sub>	t/rok	11,6677
Prostá doba návratnosti	roky	14
Reálná doba návratnosti	roky	16
Vnitřní výnosové procento	%	7,06

Solární termický systém s kolektory splňuje požadavky dotace uvedené v tabulce C.21. Prostá doba návratnosti vychází na 14 let, reálná doba návratnosti na 16 let. Lze tedy čerpat dotaci, která činí 7 500 Kč na jednu bytovou jednotku. V posuzovaném objektu se nachází celkem 4 bytové jednotky. Celková výše podpory tak činí 30 000 Kč.

V tabulce C.23 je uvedena finanční analýza se započítám nejvyšší možné dotace. Náklady na realizaci se tak sníží o 30 000 Kč.

Tabulka C.23 - Ekonomické vyhodnocení se započítáním dotací

Parametr	Jednotka	Výchozí stav	Solární kolektory
Přínosy projektu celkem	(Kč)	-	15 350
z toho tržba za teplo a elektřinu	(Kč)	-	0
Investiční výdaje projektu	(Kč)	-	172 681
z toho			
náklady na přípravu projektu	(Kč)	-	10 000
náklady na technologická zařízení a stavbu	(Kč)	-	162 681
náklady na přípojky	(Kč)	-	0
Provozní náklady celkem	(Kč)	118 791	103 441
z toho			
náklady na energii	(Kč)	118 791	103 441
náklady na opravu a údržbu <sup>1)</sup>	(Kč)	0	0
osobní náklady (mzdy, pojistné)	(Kč)	0	0
ostatní provozní náklady <sup>2)</sup>	(Kč)	0	0
náklady na emise a odpady	(Kč)	0	0
Změna tržeb (za teplo, elektřinu, využití odpady)	(Kč)	0	0
Přínosy projektu celkem	(Kč)	0	15 350
Doba hodnocení	(roky)	-	20
Roční růst cen energie	(%)	-	3
Diskont <sup>3)</sup>	(%)	-	4
T <sub>s</sub> - prostá doba návratnosti	(roky)		12
T <sub>sd</sub> - reálná doba návratnosti	(roky)	-	14
NPV - čistá současná hodnota	(tis. Kč)	-	92
IRR - vnitřní výnosové procento	(%)	-	9,07
Vysvětlivky: <sup>1)</sup> Náklady obsahují zejména náklady na materiál, opravy zařízení, plánovanou a preventivní údržbu. <sup>2)</sup> Náklady obsahují zejména náklady na obsluhu, servis a revizi zařízení. <sup>3)</sup> Pro energetické posudky podle §9a odst. 1 písm. E) zákona se stanovuje hodnota diskontního činitele ve výši 1.04 (tedy 4 %).			

Pokud se do nákladů na opatření započítají dotace, vychází prostá doba návratnosti 12 let, reálná doba návratnosti 13 let a vnitřní výnosové procento se zvýší na hodnotu 9,07%. Schéma zapojení solárního systému je v příloze č. 4.

### C.1.11 Evidenční list energetického posudku

**Evidenční list energetického posudku  
podle § 9a odst. 1 písm. e) zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření  
energií, ve znění pozdějších předpisů**

Evidenční číslo

#### 1. Část - Identifikační údaje

**1. Jméno (jména) příjmení/název nebo obchodní firma vlastníka předmětu EP**

Obec Tišnov

**2. Adresa trvalého bydliště/sídlo, popřípadě adresa pro doručování**

a) ulice

Náměstí Míru

b) č.p./č.o.

111 /

c) část obce

d) obec

Tišnov

e) PSČ

666 01

f) email

tisnov@tisnov.cz

g) telefon

666 838 214

**3. Identifikační číslo osoby, pokud bylo přiděleno**

00282707

**4. Údaje o statutárním orgánu**

a) jméno

Obec Tišnov

b) kontakt

tisnov@tisnov.cz

**5. Předmět energetického posudku**

a) název

Bytový dům - Tišnov

b) adresa nebo umístění

Jiráskova 859, 666 01 Tišnov

c) popis předmětu EP

Předmětem posudku je solární soustava navržená na bytový dům se čtyřmi bytovými jednotkami.

#### 2. Část - Seznam stanovených kritérií

**1. Energetická kritéria**

Snížení spotřeby tepla na přípravu teplé vody.

**2. Ekologická kritéria**

Snížení škodlivých látek vlivem podpory ohřevu teplé vody solárními termickými kolektory.  
Snížení emisí CO<sub>2</sub>.

**3. Ekonomická kritéria**

Snížení nákladů na přípravu teplé vody.

**4. Technická a ostatní kritéria**

Možnost čerpání dotací na navrhované opatření.

### 3. Část - Popis stávajícího stavu předmětu EP

#### 1. Charakteristika hlavních činností

Hodnocený objekt je bytový dům, který má dvě nadzemní podlaží a jedno podzemní podlaží. Půdorysně tvoří obdélník. V podzemním podlaží se nacházejí sklepy a technická místnost. Ve dvou nadzemních podlažích jsou byty, na každém patře vždy dvě bytové jednotky. Celkem se v objektu nacházejí čtyři bytové jednotky, které obývá dvanáct osob. Bytový dům má vlastní kotelnu, která je umístěna v 1. podzemním podlaží. V kotelně se nachází nový plynový kotel na zemní plyn s modulovým hořákem, který objekt vytápí a v externím zásobníku o objemu 750 l ohřívá teplou vodu. Původní kotel na tuhá paliva byl měněn v roce 2002. V rámci výměny kotle proběhla i výměna rozvodů teplé vody a vytápění. Rozvody teplé vody jsou vedeny ve sklepních prostorech pod stropem uložené na závěsech. Pro jejich teplenou izolaci je použit Mirelon o tloušťce 20 mm. V objektu není významné vzduchotechnické zařízení, pouze je provedeno centrální šachtové větrání koupelen, WC a oddělení odvod z kuchyně od digestoře. Koncovými distribučními prvky otopné soustavy jsou otopná tělesa.

#### 2. Vlastní zdroje energie

##### a) zdroje tepla

počet 1 ks

instalovaný výkon 0,035 MW

roční výroba 55,233 MWh

roční spotřeba paliva 71,177 MWh/r

##### b) zdroje elektřiny

počet 0 ks

instalovaný výkon - MW

roční výroba - MWh

roční spotřeba paliva - MWh/r

##### c) kombinovaná výroba elektřiny a tepla

počet 0 ks

instal. výkon elektrický - MW

instal. výkon tepelný - MW

roční výroba elektřiny - MWh

roční výroba tepla - MWh

roční spotřeba paliva - MWh/r

##### d) druhy primárního zdroje energie

druh OZE

druh DEZ

fosilní zdroje

#### 3. Spotřeba energie

##### Druh spotřeby

##### Příkon

##### Spotřeba energie

##### Energonositel

Ztráty ve vlastních zdrojích a rozvodech

- MW

31,1 MWh/r

-

Vytápění

0,000 MW

54,1 MWh/r

ZP, EL

Chlazení

0,000 MW

0,0 MWh/r

-

Větrání

0,000 MW

0,0 MWh/r

-

Úprava vlhkosti

0,000 MW

0,0 MWh/r

-

Příprava TV	0,000	MW	17,4	MWh/r	zemní plyn
Osvětlení	0,001	MW	1,4	MWh/r	elektrická energie
Technologie	0,000	MW	0,0	MWh/r	-
Celkem	0,001	MW	72,8	MWh/r	ZP, EL

#### 4. Část - Doporučená varianta navrhovaných opatření

##### 1. Popis doporučených opatření energetického specialisty oprávněného zpracovat energetický posudek

Pro snížení energetické náročnosti budovy je navržen alternativní zdroj pro přípravu teplé vody v podobě šesti solárních termických kolektorů. Solární systém je navržen jako hlavní zdroj pro ohřev teplé vody. Pro případ, kdy solární systém nebude stačit ohřívat veškerou teplou vodu, bude teplá voda ohřívána stávajícím doplňkovým zdrojem tepla-plynovým kotlem. V rámci snižování spotřeby tepla pro ohřev teplé vody bude vyměněn původní zásobník teplé vody za nový stacionární solární zásobník o objemu 750 l.

##### 2. Úspory energie a nákladů

###### Spotřeba a náklady na energii - celkem

	Stávající stav		Navrhovaný stav		Úspory	
Energie	72,8	MWh/r	69,5	MWh/r	3,3	MWh/r
Náklady	118,8	tis. Kč/r	103,4	tis. Kč/r	15,4	tis. Kč/r

###### Spotřeba energie

	Stávající stav		Navrhovaný stav		Úspory	
Ztráty ve vlastních zdrojích a rozvodech	31,1	MWh/r	27,7	MWh/r	3,4	MWh/r
Vytápění	54,1	MWh/r	54,1	MWh/r	0,0	MWh/r
Chlazení	0,0	MWh/r	0,0	MWh/r	0,0	MWh/r
Větrání	0,0	MWh/r	0,0	MWh/r	0,0	MWh/r
Úprava vlhkosti	0,0	MWh/r	0,0	MWh/r	0,0	MWh/r
Příprava TV	17,4	MWh/r	13,9	MWh/r	3,4	MWh/r
Osvětlení	1,4	MWh/r	1,4	MWh/r	0,0	MWh/r
Technologie	0,0	MWh/r	0,0	MWh/r	0,0	MWh/r

##### 3. Dosažená úspora energie podle jednotlivých energonositelů

	Stávající stav		Navrhovaný stav		Úspory	
Elektřina	1,6	MWh/r	1,7	MWh/r	-0,1	MWh/r
SZTE	0,0	MWh/r	0,0	MWh/r	0,0	MWh/r

ZP	71,2	MWh/r	61,4	MWh/r	9,8	MWh/r
TO	0,0	MWh/r	0,0	MWh/r	0,0	MWh/r
Uhlí	0,0	MWh/r	0,0	MWh/r	0,0	MWh/r
OZE	0,0	MWh/r	6,4	MWh/r	-6,4	MWh/r
DZE	0,0	MWh/r	0,0	MWh/r	0,0	MWh/r
PHM	0,0	MWh/r	0,0	MWh/r	0,0	MWh/r
Ostatní	0,0	MWh/r	0,0	MWh/r	0,0	MWh/r

#### 4. Podíl z celkových investičních nákladů (%)

Náklady při výrobě

Náklady při distribuci energie

OZE		Rozvody tepla	
KVET		Ostatní	
Ostatní			

Náklady při spotřebě energie (%)

Budovy - úprava obálky		Technologie	
Budovy - technické systémy		Ostatní	

#### 5. Ekonomické vyhodnocení

doba hodnocení	20	roků	diskontní míra	4	%
reálná doba návratnosti	16	roků	investiční náklady	203	tis. Kč
IRR	7,06	%	cash flow	15,4	tis. Kč/r
rok realizace	2018		NPV	62	tis. Kč

#### 6. Ekologické hodnocení

Znečišťující látka	Stávající stav		Navrhovaný stav		Efekt	
	lokálně	globálně	lokálně	globálně	lokálně	globálně
Tuhé látky	0,000 t/r	0,000 t/r	0,000 t/r	0,000 t/r	0,000 t/r	0,000 t/r
PM <sub>10</sub>	0,000 t/r	0,000 t/r	0,000 t/r	0,000 t/r	0,000 t/r	0,000 t/r
PM <sub>2.5</sub>	0,000 t/r	0,000 t/r	0,000 t/r	0,000 t/r	0,000 t/r	0,000 t/r
SO <sub>2</sub>	0,000 t/r	0,001 t/r	0,000 t/r	0,002 t/r	0,000 t/r	-0,000 t/r
NO <sub>x</sub>	0,010 t/r	0,011 t/r	0,009 t/r	0,010 t/r	0,001 t/r	0,001 t/r



NH <sub>3</sub>	0,000	t/r	0,000	t/r	0,000	t/r	0,000	t/r	0,000	t/r	0,000	t/r
VOC	0,000	t/r	0,000	t/r	0,000	t/r	0,000	t/r	0,000	t/r	-0,000	t/r
CO	0,002	t/r	0,003	t/r	0,002	t/r	0,002	t/r	0,000	t/r	0,000	t/r
CO <sub>2</sub>	14,125	t/r	15,850	t/r	12,183	t/r	14,001	t/r	1,941	t/r	1,849	t/r

## 5. Část - Výsledky posouzení proveditelnosti návrhu podle stanovených kritérií

### 1. Proveditelnost podle energetických kritérií

Realizací opatření na snížení spotřeby tepla pro ohřev teplé vody, dojde k úspoře energie 3,3 MWh/rok.

### 2. Proveditelnost podle ekologických kritérií

Realizací navrženého opatření dojde k celkovému snížení emisí. Nejvýznamější je snížení CO<sub>2</sub> o 1,849 t/rok, tedy necelých 12%.

### 3. Proveditelnost podle ekonomických kritérií

Při celkových investičních nákladech (bez dotace) 202 681 Kč a roční úspoře 15 350 Kč vychází prostá doba návratnosti 14 let a reálná doba návratnosti 16 let. Návratnost je menší než doba hodnocení. S dotací až 30 000 Kč se zkrátí prostá doba návratnosti na 12 let i reálná doba návratnosti na 14 let.

### 4. Proveditelnost podle technických a ostatních kritérií

Veškerá opatření musí být realizována dle platných předpisů a norem.

## 6. Část - Údaje o energetickém specialistovi

<b>1. Jméno (jména) a příjmení</b>	<b>Titul</b>
Eva Šmardová	Bc.
<b>2. Číslo oprávnění v seznamu energetických specialistů</b>	<b>3. Datum vydání oprávnění</b>
<b>4. Podpis</b>	<b>5. Datum</b>
	18. 12. 2017

**C.1.12 Kopie dokladu o vydání oprávnění podle § 10b zákona nebo kopii oprávnění osoby pro vykonávání této činnosti podle právního předpisu jiného členského státu Evropské unie**

## **C.2 Experimentální část - vyhodnocení solární soustavy**

Jedním z možných způsobů hodnocení účinnosti solárních kolektorů a systému je experimentální měření (laboratorní, provozní). Měřením lze získat reálný pohled na funkci daného kolektoru, případně systému, tzn. skutečnou účinnost či tepelný zisk, s určitou přesností závislou na metodice měření, přesnosti použitých čidel a způsobu zpracování naměřených dat. Měření lze provádět jako laboratorní za jasně definovaných a opakovatelných okrajových podmínek nebo jako provozní měření probíhající na celém systému během určitého období. (2)

Vyhodnocení solární soustavy bude provedeno na základě provozního měření.

### **C.2.1 Technický popis soustavy**

Předmětem měření byla solární soustava, která byla navržena pro přípravu teplé vody pro Ústav technických zařízení budov VUT v Brně na Fakultě stavební.

Solární soustava je rozdělena na dvě větve.

### **C.2.2 Kolektorové pole**

Na první okruh je napojen jeden trubicový kolektor Regulus KTU 10. Na druhý okruh jsou napojeny dva ploché kolektory Regulus KP C1 BP. Kolektorová pole se nacházejí na ploché střeše budovy E2 s orientací na jih a sklonem 45°.

Ploché kolektory mají celkovou plochu apertury 3,74 m<sup>2</sup>. Trubicový kolektor má 0,934 m<sup>2</sup> velkou plochu apertury.

### **C.2.3 Solární bojler**

Získané teplo je předáváno prostřednictvím výměníku umístěného v akumulční nádrži o objemu 200 l.

### **C.2.4 Ostatní technologické prvky**

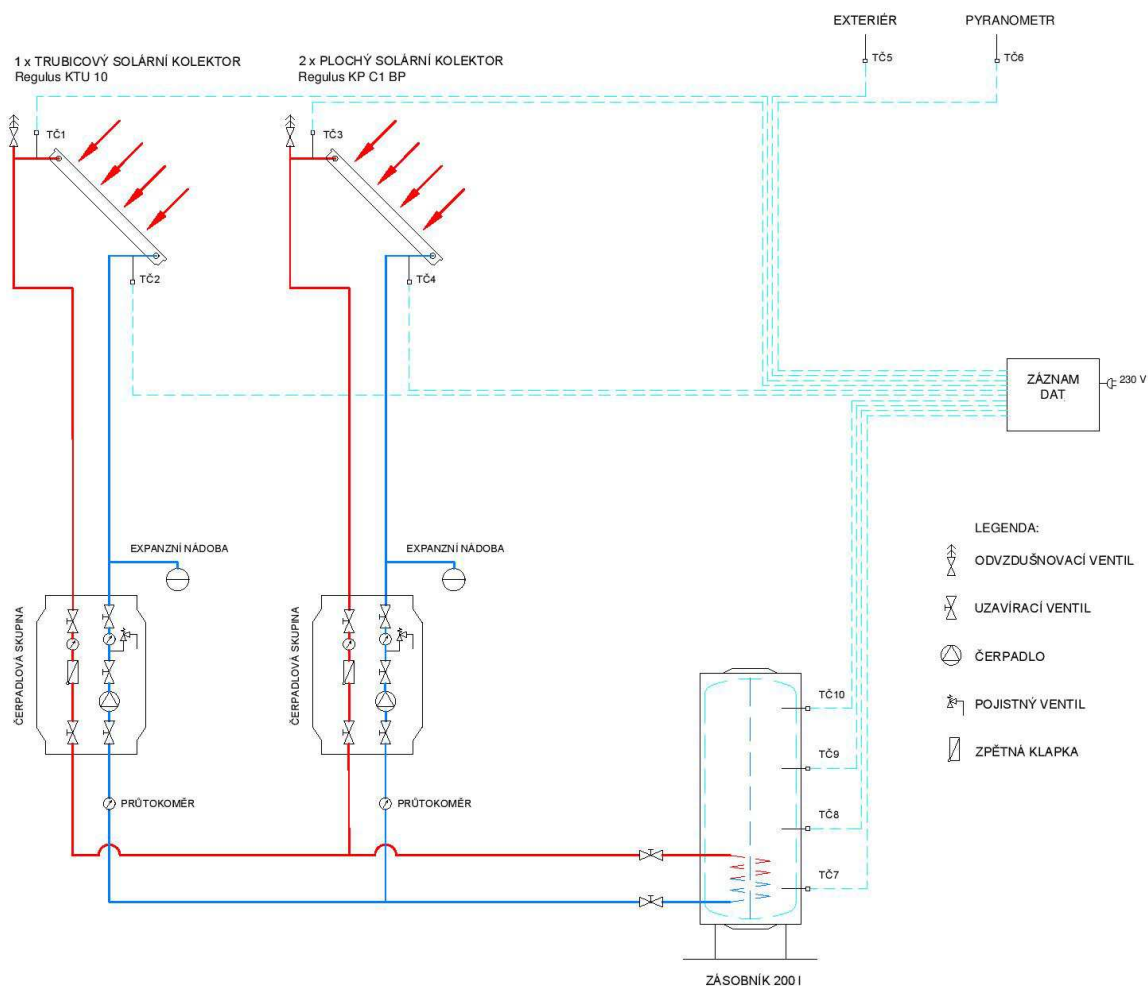
Každá větev má vlastní čerpadlovou skupinu s čerpadlem WILO ST 25/6-3 jak je vidět na obrázku č. C.6. Potrubí solárních rozvodů je provedeno z izolovaných měděných trubek. Jako kapalina proudící potrubím byl použit roztok propylenglykolu Kolekton P Super. Pod každou čerpadlovou skupinou jsou na potrubí osazeny plovákové průtokoměry.

### **C.2.5 Regulace a měření**

Na solární soustavě jsou umístěna čtyři teplotní čidla, která měří teplotu teplotnosné látky na vstupu i výstupu obou druhů kolektorů. Další teplotní čidlo zaznamená teplotu venkovního vzduchu. Pyranometr umístěný ve venkovním prostředí na střeše



měří intenzitu slunečního záření. Další čtyři teplotní čidla jsou umístěna na zásobníku teplé vody. Teplotní čidla jsou po výšce zásobníku rovnoměrně rozmístěna.



Obrázek C.10 - Schéma zapojení měřené solární soustavy

### C.2.6 Popis měření

Měření probíhalo po dobu pěti pracovních dnů v letním období prázdnin od 21. 8. do 25. 8. Vždy od 8:00 do 16:30. Během měření slunečno, místy se střídavou oblačností, v objektu nebyl žádný odběr. Hlavním cílem experimentu bylo zjištění chování solární soustavy při nulovém odběru a vysoké intenzitě slunečního záření ve slunečné dny.

Naměřená data z teplotních čidel sledované soustavy byla průběžně automaticky ukládána do počítače v laboratoři Ústavu technických zařízení budov na Fakultě stavební. Data byla ukládána pomocí software Desigo insight V6 od firmy Siemens.

Měřená data jsou vizualizována ve formě grafu a ukládána do databáze softwaru, odkud mohou být snadno exportována do programu Microsoft Excel. Na konci každého měřeného dne byla získaná data nahrána na USB flash disk.

Každé teplotní čidlo měřilo údaje v odlišných časových krocích (např. po minutě, po pěti minutách, po dvaceti sekundách). Bylo proto nutné všechna naměřená data sjednotit do stejných časových intervalů, a to po pěti minutách.

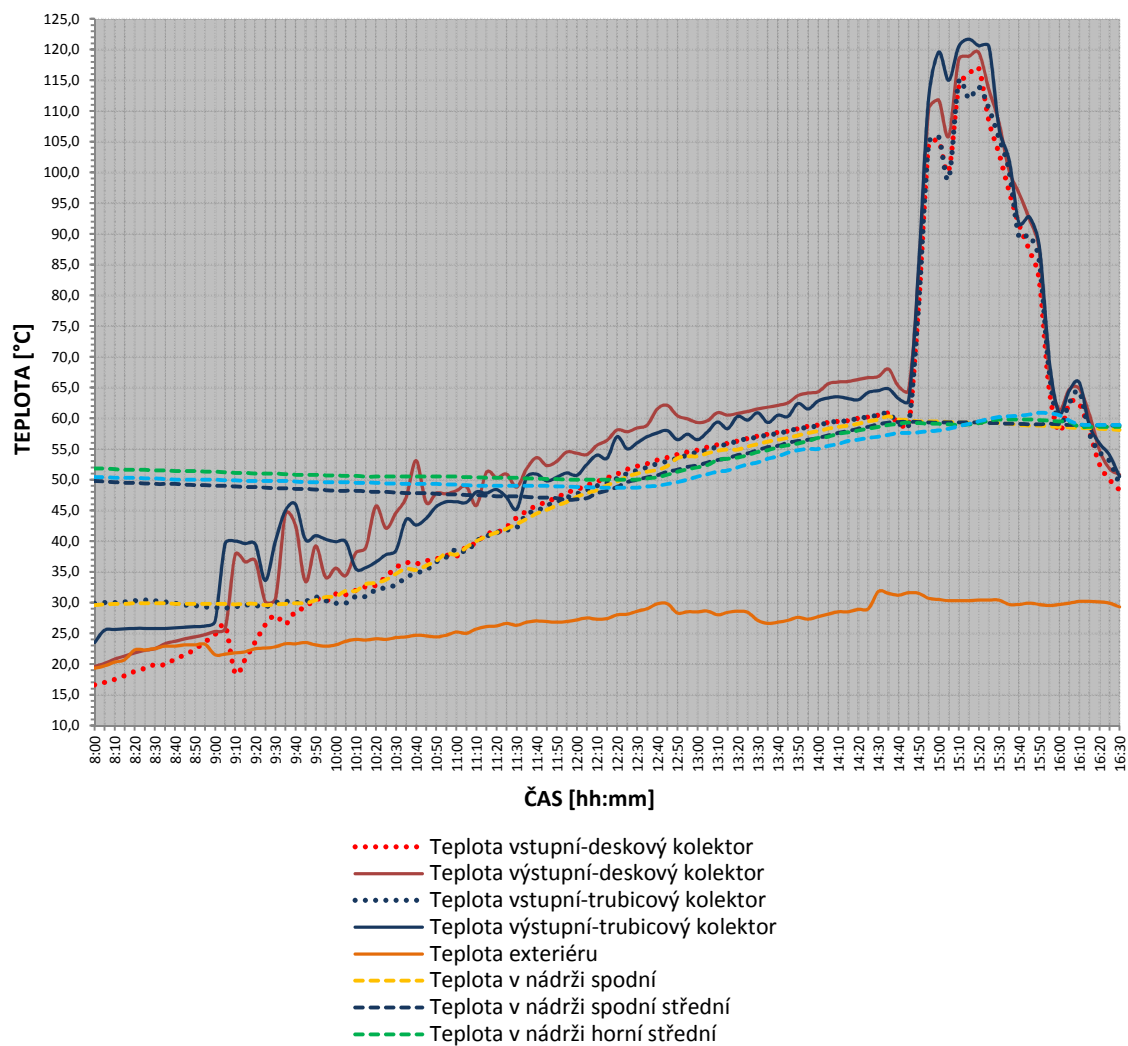
Hlavními sledovanými provozními parametry solární soustavy byly teploty na vstupu a výstupu do kolektorů, sluneční záření a venkovní teplota. Všechny potřebné údaje se podařilo úspěšně naměřit a exportovat k dalšímu zpracování. Průtok možné změřit nebylo.

### C.2.7 Vyhodnocení měření

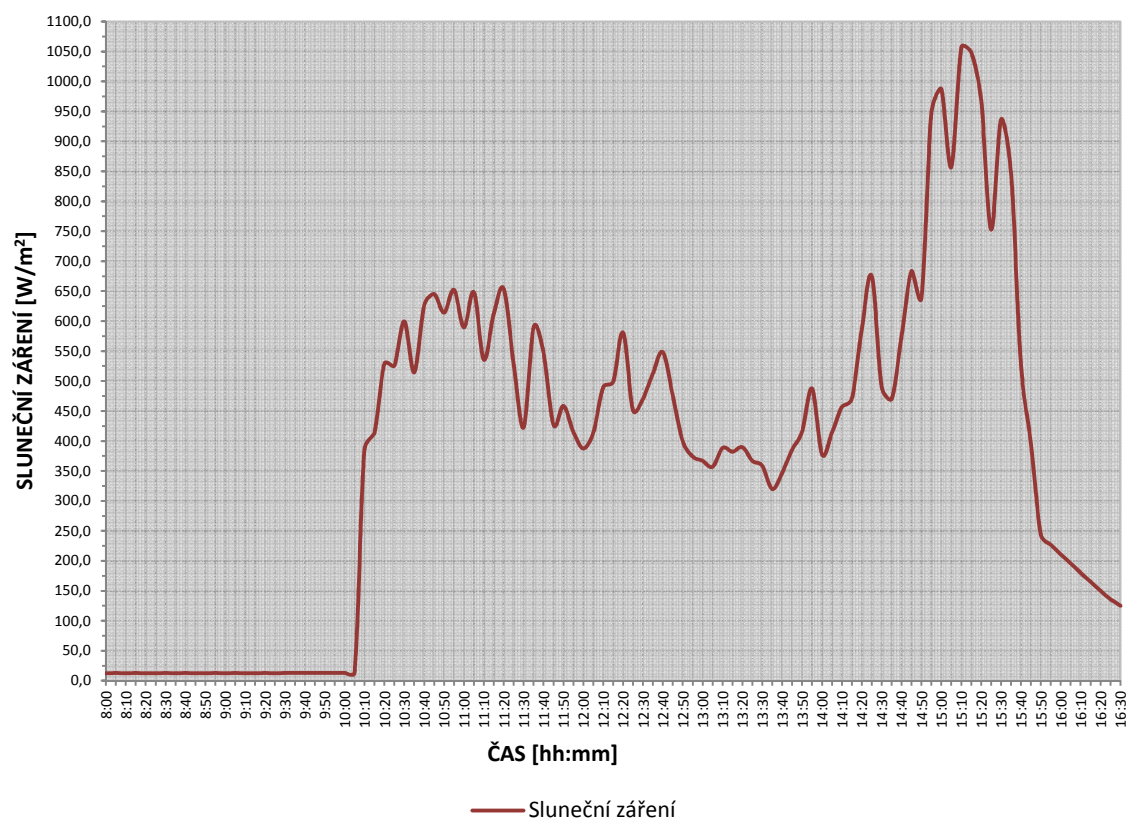
Naměřené veličiny z jednotlivých dnů jsou uvedené v příloze č. 5. Pro vyhodnocení byl vybrán jeden charakteristický den, a to 24. 8. 2017, kdy bylo dosaženo nejvyšších teplot na výstupních čidlech kolektorů. Průběh měřených teplot z charakteristického dne je zobrazen na obrázku č. C.11. Průběh slunečního záření v typický den je na obrázku č. 12.

Tabulka C.24 - Klimatické podmínky při měření

Datum	Průměrná venkovní teplota [°C]	Celková měřená doba [hod]
21. 8. 2017	20,9	8:00 - 16:30
22. 8. 2017	23,9	8:00 - 16:31
23. 8. 2017	28,0	8:00 - 16:32
24. 8. 2017	26,6	8:00 - 16:33
25. 8. 2017	27,0	8:00 - 16:34



Obrázek C.11 - Průběh teplot 24. 8. 2017



Obrázek C.12 - Průběh slunečního záření 24. 8. 2017

Z grafů na obrázku C.12 lze vyčíst selhání záznamu měření slunečního záření do 10:05 hodin. Pro další vyhodnocení bude tedy počítáno s daty od 10:05.

Chladnutí zásobníku přes noc je patrné z grafu na obrázku C.11. Teplota ve spodní části zásobníku se začíná ohřívat z teploty 30°C, i když předchozí den byl celý zásobník nabitý na průměrnou teplotu 55,4°C jak je patrné z grafu pro den 23.8.20.17 z přílohy č. 5.

Hodnota intenzity slunečního záření dosáhla v měsíci srpnu 24. den hodnoty 1056,6 W/m<sup>2</sup> pro 15:10 hodin. Vysoká intenzita slunečního záření se promítla do výstupních teplot z kolektorů, kdy dochází k ohřátí kapaliny v potrubí trubcového kolektoru až na teplotu 121,7°C. Sluneční záření nad 1000 W/m<sup>2</sup> bylo dosaženo pouze dočasně pro cca 10 minut, i přesto dochází k výraznému navýšení teplot v potrubí.

V případě, kdy nedochází k odběru teplé vody a zásobník se ohřeje na maximální povolenou teplotu, elektronická solární regulace vypne oběhové čerpadlo solárního okruhu a zásobník se dále nenabíjí. Ovšem tím, že teplo z kolektorů není odebíráno, stoupne teplota kapaliny v kolektorech kolem 150°C. Tento jev je nazýván stagnace

solárních kolektorů. Při této teplotě kapalina přechází do plynného skupenství a zvětšuje svůj objem, který pojímá expanzní nádoba.

Pokud by kapalina v rozvodech dosáhla vyšších teplot, může docházet k varu teplotnosné kapaliny a následnému pronikání páry do okruhu solárního systému.

Zbylá naměřená data ostatních dnů jsou uvedeny v příloze č. 5.

### **C.2.8 Závěr měření**

Teplota na výstupu z kolektorů je závislá intenzitě slunečního záření. V letním období s nulovým odběrem teplé vody ze zásobníku, kdy se zisky slunečního záření pohybují kolem  $1000\text{W/m}^2$ , dochází k výraznému ohřívání teploty v solárních rozvodech. Teploty kolem  $150^\circ\text{C}$  mohou způsobit degradaci solárního systému. Solární směs se při vysokých teplotách začít přehřívat a může dojít až k jejímu „spečení“, které má za následek ucpání vedení systému.

Problémům s důsledky stagnace se můžeme zpravidla vyhnout již při fázi navrhování samotného solárního systému, správným návrhem a volbou prvků, které zabrání tvorbě páry nebo zamezí jejímu vniknutí do solárního okruhu nebo zvýšením sklonu kolektorů, který v letním období zajišťuje nižší příjem slunečního záření oproti optimálnímu sklonu  $45^\circ$  (pro celoroční použití).

Opatřením proti stagnaci již nainstalovaných solárních kolektorů může být pravidelné upouštění teplé vody ze zásobníku či zakrývání solárních kolektorů v době, kdy lze přepokládat nulový odběr teplé vody.

## **ZÁVĚR**

Ve své práci jsem se zabývala návrhem solárního systému a jeho energetickým posudkem. V první části diplomové práce byla shrnuta základní teorie týkající se problematiky solárních kolektorů. Ve druhé části byla provedena analýza spotřeby teplé vody v dané budově, nutná k návrhu solárních kolektorů podle TNI 73 0302. V poslední části je na navržený solární systém zpracován energetický posudek v souladu s vyhláškou č. 480/2012 Sb. pro účely získání dotací. Z posudku vyplývá, že opatřením na snižování spotřeby energie v podobě návrhu solárního systému pro ohřev teplé vody, lze dosáhnout finančních úspor a jeho instalace se vyplatí. Na závěr jsou vyhodnoceny a okomentovány výsledky z měření školního solárního systému. Výsledky měření ukazují na problém stagnace solárních systémů.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. **Radovan Novák.** Webovka. *Plumber VODO - TOPO - PLYN REKONSTRUKCE KOUPELEN A BYTOVÝCH JADER.* [Online] [Citace: 16. Prosinec 2017.] <http://plumber.webnode.cz/news/solarni-panely-na-ohrev-tuv/>.
2. **doc. Ing. Tomáš MATuška, Ph.D., Ph.D., Ing. Bořivoj Šourek, Ph.D.** Měření technických parametrů solárního kolektoru a systému. *TZB info.* [Online] 3. 6 2004. [Citace: 5. 12 2017.] <http://www.tzb-info.cz/1959-mereni-technickyh-parametru-solarniho-kolektoru-a-systemu>.
3. **Ing. Jakub Vrána, Ph.D.** tzb-info. *tzbinfo.* [Online] [Citace: 13. Prosinec 2017.] <http://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/6839-potreba-vody-a-tepla-pro-pripravu-teple-vody>.
4. **Matuška, Tomáš.** *Solární soustavy pro bytové domy.* 1. Praha : Grada Publishing, a.s., 2010. 136 s.. ISBN 978-80-247-3503-0.
5. **Matuška, Tomáš.** *Solární zařízení v příkladech.* Praha : Grada Publishing, a.s., 2013. 256 str.. ISBN 978-80-247-3525-2.
6. Montážní sady. *TWI solar.* [Online] [Citace: 26. Prosince 2017.] <http://www.twi.cz/twi-solar/produkty/solarni-prislusenstvi/montazni-sady>.
7. Zjednodušená bilance solárního kolektoru. *tzbinfo.* [Online] <http://oze.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/131-zjednodusena-bilance-solarniho-kolektoru>.
8. Podmínky oblasti podpory C. *Oficiální web programu NZÚ.* [Online] [Citace: 30. 12 2017.] <http://www.novazelenausporam.cz/zadatele-o-dotaci/bytove-domy/2-vyzva-bytove-domy/podminky-oblasti-podpory-c-3/>.
9. **Matuška, T. a Šourek, B.** *Vliv dimenzování solárních soustav na provozní chování, Sborník semináře Provozování a měření solárních soustav.* Praha : STP, 2008.
10. Ohřev vody. *JH solar - solární termické systémy.* [Online] [Citace: 31. Prosinec 2017.] <http://www.jhsolar.cz/tepla-voda/>.
11. Regulus. *Úsporné řešení pro vaše topení.* [Online] [Citace: 31. Prosinec 2017.] <https://www.regulus.cz/cz/zasobnik-r2bc-750>.
12. TZB info solární kolektory dimenze. [Online] <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/150-potrubi-solarnich-soustav>.

13. Expanzní nádoby. *Regulus*. [Online] [Citace: 8. 12 2017.] <https://www.regulus.cz/cz/tlakove-expanzni-nadoby>.
14. ESTAV. *Odvzdušňovací ventil – kde ho najít a jak funguje*. [Online] 19. 2 2017. [Citace: 10. 12 2017.] <https://www.estav.cz/cz/4957.odvzdušnovaci-ventil-kde-ho-najit-a-jak-funguje>.
15. Řízení a regulace solárních systémů. *Solární systémy*. [Online] [Citace: 30. 12 2017.] <http://www.solarnisystemy.cz/mereni-a-regulace-solarnich-a-topnych-systemu>.
16. **Viadrus**. Viadrus - Teplo pro vás domov. [Online] [Citace: 18. Prosinec 2017.] [www.viadrus.cz/doc/cms.../cz\\_space\\_energy\\_prirucka\\_instalatera\\_31\\_2012-79.pdf](http://www.viadrus.cz/doc/cms.../cz_space_energy_prirucka_instalatera_31_2012-79.pdf).
17. GC Solární sety. [Online] [Citace: 7. 11 2017.] <https://www.gc-solarni-sety.cz/produkty/prislusenstvi/>.
18. Gienger. *Gienger*. [Online] [Citace: 12. Prosinec 2017.] <https://www.gienger.cz/soubory-ke-stazeni/topeni/solarni-systemy/prislusenstvi/>.
19. Solární panely-slужby. *Vitasolar*. [Online] [Citace: 31. Prosinec 2017.] <http://www.vitasolar.cz/solarni-panely-sluzby.html>.
20. Zákony pro lidi. [Online] [Citace: 31. Prosinec 2017.] <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-406#p9a-1-e>.
21. Mapy. *Mapy*. [Online] [Citace: 7. 12 2017.] <https://mapy.cz/letecka?x=16.4299213&y=49.3503571&z=19&source=addr&id=10318336>.
22. Nahlížení do katastru. *Katastr nemovitostí*. [Online] [Citace: 8. 12 2017.] <http://sgi.nahlizidenidokn.cuzk.cz/marushka/default.aspx?themeid=3&&MarQueryId=2EDA9E08&MarQParam0=706502733&MarQParamCount=1&MarWindowName=Marushka>.
23. Solární regulátor Resol Delta BS/4. *Solární systémy Kocián*. [Online] [Citace: 10. 12 2017.] <http://solarnisystemynaohrevvody.cz/solarni-regulator-resol>.
24. Mapy-letecká. *Mapy*. [Online] [Citace: 8. 12 2017.] <https://mapy.cz/letecka?x=16.4298564&y=49.3504903&z=19&source=addr&id=10318336>.
25. Norma ČSN TNI 73 0302:2014 - Energetické hodnocení solárních tepelných soustav-zjednodušený výpočtový postup. Praha : autor neznámý, 2017.



26. **Reinberk, Ing. Zdeněk.** Zjednodušená bilance solárního kolektoru. *tzb info*. [Online] [Citace: 16. Prosinec 2017.] <http://oze.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/131-zjednodusena-bilance-solarniho-kolektoru>.

# SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

## *Zkratky*

VŠKP – vysokoškolská kvalifikační práce

## *Fyzikální veličiny*

- Q – výkon [kW]
- G – solární záření [ $\text{W/m}^2$ ]
- T – teplota [ $^{\circ}\text{C}$ ]
- $a_{1,2}$  – součinitel tepelné ztráty [ $\text{W/m}^2\text{K}^2$ ]
- $\eta$  – účinnost [-]
- V – spotřeba [ $\text{m}^3/\text{h}$ ]
- $\rho$  – hustota [ $\text{kg/m}^3$ ]
- c – měrná tepelná kapacita [ $\text{kJ/kgK}$ ]
- $\phi$  – relativní vlhkost [%]
- q – měrný zisk [ $\text{kWh/m}^2\text{rok}$ ]
- p – tlak [bar]
- h – výška [m]

# SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

## Obrázky

Obrázek A.1 - Venkovní část solárního okruhu [1] .....	- 5 -
Obrázek B.1 - Posuzovaný objekt.....	- 16 -
Obrázek B.2 - Průběh spotřeby teplé vody a teploty studené vody vstupující do přípravy TV v bytovém domě v Praze - Stodůlkách [4] .....	- 17 -
Obrázek B.3 - Sluneční kolektor Sun Wing T4 Cu 2,2.....	- 20 -
Obrázek B.4 - Schéma absorberu s uspořádáním dvojité harfy [6].....	- 21 -
Obrázek B.5 - Grafické znázornění energetického pokrytí solárních kolektorů [7]-	23
-	
Obrázek B.6 - Situace posuzovaného objektu [25].....	- 25 -
Obrázek B.7 - Grafické znázornění využitelných solárních zisků s orientací na jihovýchod, při sklonu střechy 30° .....	- 28 -
Obrázek B.8 - Umístění solárních kolektorů na objekt.....	- 30 -
Obrázek B.9 - Postup montáže solárních kolektorů na střechu; a) rozmístění; b) vrtání děr; c) osazení háků [6].....	- 31 -
Obrázek B.10 - Postup montáže solárních kolektorů na střechu; a) uchycení kolektoru do dolního nosníku; b) upěvnění kolektoru k hornímu nosníku [6] .....	- 31 -
Obrázek B.11 - Navržený solární zásobník [11].....	- 32 -
Obrázek B.12 - Navržené potrubí [6].....	- 35 -
Obrázek B.13 - Čerpadlová skupina [6].....	- 35 -
Obrázek B.14 - Pohled do čerpadlové skupiny [6] .....	- 36 -
Obrázek B.15 - Expanzní nádoba [13].....	- 37 -
Obrázek B.16 - Ukázka odvzdušňovacího ventilu [14] .....	- 38 -
Obrázek B.17 - Schéma měření a regulace solárního systému [19] .....	- 40 -
Obrázek B.19 - Ruční pumpička pro manuální plnění [17] .....	- 41 -
Obrázek B.18 - Proplachovací a plnicí jednotka [18].....	- 41 -
Obrázek B.20 - Příklad zapojení plnicí jednotky k solární soustavě [18].....	- 42 -
Obrázek B.21 - Zjednodušené schéma solárního ohřevu vody [19] .....	- 43 -
Obrázek C.1 - Jižní pohled na objekt bytového domu .....	- 48 -
Obrázek C.2 - Foto mapa - situační plán objektu [21].....	- 49 -
Obrázek C.3 - Katastrální mapa (1:10) [22].....	- 50 -
Obrázek C.4 - Schéma celého objektu .....	- 50 -
Obrázek C.5 - Schéma vytápěné zóny 1 .....	- 51 -
Obrázek C.6 - Schéma nevytápěné zóny 2.....	- 52 -
Obrázek C.7 - Spotřeba teplé vody .....	- 53 -
Obrázek C.8 - Graf nákladů a energií .....	- 57 -
Obrázek C.9 - Dodaná dílčí energie .....	- 58 -
Obrázek C.10 - Schéma zapojení měřené solární soustavy .....	- 79 -

Obrázek C.11 - Průběh teplot 24. 8. 2017 .....	- 81 -
Obrázek C.12 - Průběh slunečního záření 24. 8. 2017 .....	- 82 -

## **Tabulky**

Tabulka B.1 - Měsíční potřeby teplé vody .....	- 18 -
Tabulka B.2 - Měsíční potřeba tepla na přípravu teplé vody .....	- 19 -
Tabulka B.3 - Zjednodušený návrh počtu solárních kolektorů pomocí online programu [7] .....	- 22 -
Tabulka B.4 - Parametry solárního kolektoru .....	- 24 -
Tabulka B.5 - Dávka celkového slunečního ozáření .....	- 26 -
Tabulka B.6 - Střední hodnota slunečního ozáření $G_{T,m}$ [W/m <sup>2</sup> ] .....	- 27 -
Tabulka B.7 - Střední měsíční venkovní teplota $t_{e,p}$ , [°], střední teplota v sobě slunečního svitu $t_{e,s}$ [°C], střední teplota v noci $t_{e,n}$ [°C] (mimo sluneční svit) a teoretická doba slunečního svitu $\tau$ [h/den] .....	- 27 -
Tabulka B.8 - Bilance navržených solárních kolektorů .....	- 28 -
Tabulka B.9 - Parametry solárního zásobníku teplé vody .....	- 33 -
Tabulka B.10 - Regulace .....	- 40 -
Tabulka B.C.1 - Měsíční potřeby teplé vody .....	- 52 -
Tabulka C.2 - Výpočet potřeby tepla na ohřev teplé vody .....	- 53 -
Tabulka C.3 - Soupis základních údajů o energetických vstupech pro stávající stav dle přílohy č. 2 k vyhlášce č. 480/2012 Sb. ....	- 54 -
Tabulka C.4 - Roční bilance výroby z vlastního zdroje energie (kotel na zemní plyn) - 55 -	- 55 -
Tabulka C.5 - Technické ukazatele vlastního zdroje energie (kotel na plyn) .....	- 55 -
Tabulka C.6 - Exteriérové okrajové podmínky dle TNI 730331 .....	- 56 -
Tabulka C.7 - Energetická roční bilance stávajícího stavu .....	- 57 -
Tabulka C.8 - Bilancování solární soustavy .....	- 60 -
Tabulka C.9 - Podklad při vyplnění krycího listu .....	- 60 -
Tabulka C.10 - Roční úspory energie na přípravu teplé vody .....	- 61 -
Tabulka C.11 - Upravená energetická bilance .....	- 62 -
Tabulka C.12 - Vyhodnocení podporovaných opatření .....	- 62 -
Tabulka C.13 - Vyhodnocení posuzovaného návrhu - solární kolektory .....	- 67 -
Tabulka C.14 - Emisní faktory .....	- 68 -
Tabulka C.15 - Přehled dílčích spotřebovaných energií .....	- 68 -
Tabulka C.16 - Emise pro výchozí stav .....	- 69 -
Tabulka C.17 - Emise pro návrhový stav .....	- 69 -
Tabulka C.18 - Ekologického vyhodnocení výchozího a návrhového stavu .....	- 69 -
Tabulka C.19 - Všeobecné emisní faktory oxidu uhličitého z Vyhlášky č.480/2012 Sb. ....	- 70 -

Tabulka C.20 - Globální vyhodnocení CO2 .....	- 70 -
Tabulka C.21 - Vyhodnocení splnění požadavků programu.....	- 70 -
Tabulka C.22 - Závěrečné vyhodnocení navrhovaného opatření.....	- 71 -
Tabulka C.23 - Ekonomické vyhodnocení se započítáním dotací .....	- 72 -
Tabulka C.24 - Klimatické podmínky při měření.....	- 80 -

## **PŘÍLOHY**

Příloha č. 1 - Schéma rozmístění kolektorů na střeše objektu

Příloha č. 2 - Protokol PENB stávajícího stavu

Příloha č. 3 - Protokol PENB návrhového stavu

Příloha č. 4 - Schéma navržené solární soustavy

Příloha č. 5 - Naměřené hodnoty experimentální části

Příloha č. 6 - Výkresy stávajícího objektu